

**UNIVERSIDAD CENTRAL
“MARTA ABREU” DE LAS VILLAS**

**FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA
DEPARTAMENTO DE TELECOMUNICACIONES Y ELECTRÓNICA**



PROYECCIÓN DE SOLUCIONES xDSL EN CUBA

**TESIS PRESENTADA EN OPCIÓN AL TÍTULO ACADÉMICO DE
MASTER EN TELEMÁTICA**

AUTOR: ING. ALBERTO JAVIER GARCÍA GARCÍA.

TUTOR: DRA. CARMEN MOLINER PEÑA.

**VILLA CLARA
2004**

**UNIVERSIDAD CENTRAL
“MARTA ABREU” DE LAS VILLAS**

**FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA
DEPARTAMENTO DE TELECOMUNICACIONES Y ELECTRÓNICA**



PROYECCIÓN DE SOLUCIONES XDSL EN CUBA

**TESIS PRESENTADA EN OPCIÓN AL TÍTULO ACADÉMICO DE
MASTER EN TELEMÁTICA**

AUTOR: ING. ALBERTO JAVIER GARCÍA GARCÍA.

ESPECIALISTA PRINCIPAL.

GRUPO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO UNR. ETECSA

E-MAIL: alberto@tel.etecsa.cu

TUTOR: DRA. CARMEN MOLINER PEÑA

PROFESORA TITULAR. COORDINADORA MAESTRÍA EN TELEMÁTICA

DPTO. DE TELEMÁTICA, ISPJAE.

E-MAIL: carmen@tesla.ispjae.edu.cu

**VILLA CLARA
2004**

Dedicatoria

A mi esposa Ivonne, por su desvelo y el ánimo que me imprime.

A mis hijos, Beatriz y Javier, que tanta felicidad nos han traído.

A mis padres, por el amor al estudio y la voluntad que me inculcaron.

Agradecimientos

Mi más sincera gratitud a todos los que han contribuido a que este trabajo viera la luz.

Agradecimiento especial merece mi profesora, la Dra. Carmen Moliner, por sus enseñanzas, sabios consejos, esmerada atención y disposición constante. Su ayuda en todos estos años ha resultado para mí de extraordinario valor.

A mis compañeros de la Maestría, por haberme permitido compartir excelentes semanas de estudio y reflexiones, además de hacer amigos para toda la vida.

A mis compañeros de trabajo, por su ayuda y comprensión.

A mi familia, especialmente a mi padre, que hubiera querido estar aquí.

Resumen

Las Tecnologías xDSL han experimentado en los últimos años una importante expansión y evolución por su capacidad de permitir nuevos servicios sobre la infraestructura de cobre existente. El presente trabajo aborda aspectos relacionados con su desarrollo, características, tipos, ventajas y necesidades de aplicación en el entorno nacional, enfatizando en las tecnologías estandarizadas que garantizan interoperabilidad entre diferentes fabricantes y su integración con las plataformas que brindan calidad de servicio, como ATM. Se analizan problemas técnicos asociados al despliegue de xDSL, así como servicios potenciales a introducir en la red de telecomunicaciones de Cuba, posibles formas de implementación y acciones previas que deben ejecutarse como parte de la preparación de la infraestructura para el despliegue de los mismos con la calidad que demandan los estándares internacionales. Se proponen alternativas de soluciones y se brindan recomendaciones para su expansión.



Tabla de Contenido

Introducción.....	1
Capítulo 1. Tecnologías xDSL	7
1.1 Evolución de las Redes de Acceso.....	7
1.2 La familia xDSL.....	12
1.3 Arquitectura básica de un sistema xDSL.	15
1.4 Últimos resultados de la tecnología ADSL.....	19
1.5 Selección del backbone de datos	24
1.6 xDSL en las redes de próxima generación (NGN).....	26
Capítulo 2. Problemas técnicos asociados al despliegue de xDSL	29
2.1. Consideraciones para el despliegue de la tecnología ADSL	29
2.1.1. Direcciones IP.....	30
2.1.2. Configuración del módem de usuario.....	32
2.1.3. Interfaz con la red de datos.	34
2.1.4. Ampliación de capacidades en los racks.	37
2.1.5. Tarifas	37
2.1.6. Gestión de servicios.	38
2.1.7. Calificación de las líneas DSL.	40
2.1.8. Comercialización de servicios.....	43
2.2. Aspectos relacionados con el Acceso a Internet.....	43
2.3. Problemas relacionados con la congestión y el “ocupado”.....	46
2.4. Estado actual de la red de videoconferencia de ETECSA.	47
Capítulo 3. Proyección del empleo de soluciones xDSL.....	53
3.1. Aplicaciones en Cuba.	53
3.2. Servicios Potenciales.....	56



3.2.1. Distribución de video.	57
3.2.2. Voz sobre DSL.	59
3.2.3. Red Privada Virtual (VPN).	62
3.2.4. Videoconferencia.....	64
3.3. Formas de implementación de soluciones ADSL.	68
3.4. Alternativas de equipamiento.....	71
3.4.1. Prueba de campo de la tecnología SDSL. Telmax de Telspec.	71
3.4.2. Pruebas de campo de la tecnología ADSL. MA5105 de Huawei.....	76
3.5. Elementos de análisis económico.	81
Conclusiones y Recomendaciones.....	86
Conclusiones.....	86
Recomendaciones.....	87
Referencias Bibliográficas.....	89
Bibliografía.....	93
Glosario de Siglas y Términos	95
Anexos	97
1. Procesamiento de Señales.	97
2. Detalles de instalación. Pruebas de campo ADSL.	105
3. Equipos de Videoconferencia Polycom.	108
4. Equipos xDSL.	111



Introducción

La explosión en la demanda de nuevos servicios ha sido el factor que ha impulsado el desarrollo de tecnologías para la transmisión de voz, datos y video hoy en día.

Los clientes requieren actualmente de servicios que necesitan gran ancho de banda, como son: acceso a Intranets, acceso remoto a Redes de Area Local, Teleconmutación, que es tener acceso a servicios de oficina desde el hogar, videoconferencias, transacciones comerciales, bancarias, y muchos otros. El incremento de la demanda de banda ancha producto del surgimiento de Internet como un servicio más, es un problema que ha requerido una solución inmediata. [8][18][19].

Las comunicaciones de banda ancha pueden lograrse mediante fibra óptica, pero las dificultades técnicas existentes para la instalación de una fibra óptica no se pueden resolver a corto plazo, porque requiere de una nueva infraestructura para llevar estos medios físicos hasta el cliente, implicando un costo demasiado elevado tanto para el cliente como para el operador, en comparación con las ventajas aportadas por el servicio que se brinda.

Las opciones tecnológicas basadas en el acceso por cobre o la combinación de fibra con cobre son de especial interés por su gran capacidad de soporte de servicios, y porque la infraestructura de los Operadores de Telecomunicaciones para el acceso a los clientes se basa fundamentalmente en soportes de cobre, con más de 1000 millones de líneas distribuidas por todo el mundo, con las ventajas, que ya está implantada, es capaz de llegar casi a cualquier rincón del mundo y es importante emplear eficientemente este soporte ya que resulta del máximo interés reutilizar y rentabilizar las grandes inversiones ya hechas en la planta externa. [29]

Teniendo en cuenta estos antecedentes y considerando el desarrollo experimentado por la microelectrónica en el procesamiento digital de señales y en las técnicas de modulación y ecualización adaptativa, a finales de la década del 80, en los Laboratorios Bell vió la luz la Red Digital de Servicios Integrados, que demostró que el par de cobre soportaba más de un canal de voz.

Este fue el punto de partida de las tecnologías xDSL, (Línea de Abonado Digital), que se desarrollaron inicialmente para dar servicios de video bajo demanda, luego fueron madurando y derivando hacia los diferentes tipos que hoy existen.

xDSL (Línea de Abonado Digital) es una familia de tecnologías de acceso, punto a punto, constituidas por una generación avanzada de módems, que mediante nuevos códigos de línea y modernas técnicas de modulación y ecualización adaptativa logran alcanzar velocidades de transmisión de varios Mbps sobre el lazo de abonado, proporcionando de esta forma banda ancha a clientes finales a través de pares de cobre convencionales, minimizando el cuello de botella existente entre la red de transporte y la de acceso. [22]

Los miembros de esta familia se diferencian entre sí entre otros factores en el procesamiento de señales y en la forma en que utilizan el ancho de banda. Las tecnologías simétricas utilizan en igual magnitud el ancho de banda entre la red y el usuario, y viceversa. Se emplean básicamente para el transporte de señales entre dos puntos, optimizando el enlace y con gran economía. Las asimétricas utilizan mayor ancho de banda de la red hacia el usuario que en sentido inverso. Estas han demorado su introducción en nuestro país por las características del tráfico que soportan, enfocado entre otros factores al acceso a Internet. No obstante, es posible su utilización en el entorno nacional en otras aplicaciones con posibilidades de recuperación rápida de la inversión por los posibles servicios potenciales que se pueden comercializar.[21][40]

Estas tecnologías para la red de acceso, constituyen la mejor aproximación para la integración de voz, datos y video sobre el mismo medio físico y sin recurrir a grandes inversiones. Permiten implementar una gama de nuevos servicios con diferentes formas de implementación; ofrecen además la infraestructura necesaria para el transporte de celdas ATM, y la rápida configuración y gestión de los servicios mediante el establecimiento de circuitos virtuales.

La integración de xDSL con las redes ATM ha favorecido su despliegue, garantizando la construcción de redes multimedia normalizadas e integradas con un campo de aplicaciones capaz de cubrir potencialmente las demandas de los clientes. El Forum ATM ha aceptado a DSL como técnica de acceso a las redes ATM, favoreciendo la extensión de ATM y los servicios a usuarios.[52]

La necesidad del proyecto viene dada por la importante expansión y evolución que en los últimos años han tenido las tecnologías xDSL. Con su desarrollo en nuestro país, se aspira a satisfacer las necesidades de ancho de banda que requieren los nuevos servicios que demandan los clientes, con ventajas competitivas frente a otros servicios tradicionales ofertados por los Operadores de Telecomunicaciones. Esto contribuye a utilizar eficientemente la infraestructura de cobre existente, ya que la red telefónica está congestionada porque está dimensionada para tráfico de voz y se utiliza de forma creciente para transporte de datos y accesos a Internet, provocando distorsión de los patrones de tráfico para el cual han sido calculadas las centrales telefónicas. El efecto provocado, conspira contra el completamiento de llamadas de voz por congestión. Otro factor que anima al desarrollo de estas tecnologías y cobra particular importancia en las condiciones actuales de nuestro país, es la insuficiencia de pares de cobre en la planta externa.

Desde el punto de vista teórico es necesario hacer un estudio de las tecnologías y evaluar cuales son las adecuadas para su introducción en la red de telecomunicaciones del país y los posibles servicios a comercializar. Desde el punto de vista metodológico es necesario brindar una serie de recomendaciones que contribuyan a agilizar los procesos de implementación y que se conviertan en tareas a ejecutar por las diferentes entidades en la Empresa involucradas en su desarrollo.

El estudio de las Tecnologías xDSL puede enfocarse desde el punto de vista teórico, de la forma en que se realiza el procesamiento de señales para alcanzar mayores bits/Hz de ancho de banda en cada uno de los miembros de la familia, también puede tener un enfoque de negocios, comercial, de puesta en marcha de servicios, etc.

Este trabajo tendrá un enfoque valorativo de las formas implementación en las condiciones de Cuba para lograr un despliegue de servicios de forma económica, se revisarán los problemas asociados a la expansión de estas tecnologías sobre la red de telecomunicaciones existente y se apoyará en pruebas de campo en curso, para lo cual se trazaron los siguientes objetivos:

Objetivo General.

- ✚ Proponer alternativa de implementación de las tecnologías xDSL para lograr un despliegue de servicios de banda ancha en el país.

Objetivos Específicos.

- ✚ Valorar los servicios de banda ancha más indicados desde el punto de vista técnico, económico y social que pudieran ponerse a disposición de los clientes mediante el empleo de estas técnicas.
- ✚ Elaborar un conjunto de recomendaciones que permitan a ETECSA transitar exitosamente por este desarrollo a partir de estudiar aspectos críticos para su implementación.

Aportes del Trabajo

- ✚ Identificar los aspectos críticos y alternativas en la red de telecomunicaciones en los cuales debe trabajarse para el despliegue de nuevos servicios basados en tecnologías xDSL.
- ✚ Disponer de alternativas para su introducción en la Red de Telecomunicaciones de estas Tecnologías, basadas en pruebas de campo.
- ✚ Valoración de diferentes tipos de xDSL, con mejores perspectivas para emplear en el país.
- ✚ Proponer recomendaciones para el despliegue de servicios basados en tecnologías xDSL.

Métodos de trabajo empleados

- ✚ Método teórico que abarcó fundamentalmente la revisión bibliográfica y análisis de documentos de las Recomendaciones de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT), relativas a las Tecnologías xDSL, (serie G.991.1 – G.999.9), así como bibliografía referente a las experiencias en su implementación en diversos países por parte de los Operadores de Telecomunicaciones, líderes en su desarrollo y trabajos expuestos por el DSL Forum, ATM Forum y la AHCIET (Asociación Hispanoamericana de Centros de Investigación y Empresas de Telecomunicaciones).
- ✚ Método sistémico, el cual se empleó en la formulación y comprobación de la hipótesis del trabajo.
- ✚ Método empírico para la comprensión de los sistemas y la proyección de nuevas soluciones.
- ✚ Método inductivo – deductivo, para la interpretación de los modelos bajo análisis y para la elaboración de Conclusiones y Recomendaciones.

Aprobación del Trabajo.

El trabajo que exponemos es el resultado de estudios realizados por el autor en los últimos tres años y que ha generado los siguientes resultados:

- ✚ Tesis de Diplomado en Telemática, bajo el título: “Tecnologías xDSL”. Abril 2001.
- ✚ Conferencia al Consejo de Dirección de la Vicepresidencia de Operaciones Nacionales de ETECSA sobre el tema. 2001.
- ✚ Ponencia en el Primer Encuentro Científico de Capacitación “Capacita 2001”, bajo el título: “Tecnologías xDSL”. Diciembre 2001.
- ✚ Publicación en Revista GIGA, bajo el título: xDSL, “Aplicaciones de xDSL en Cuba (III Parte)” No. 6/2001.

- ✚ Ponencia y Publicación en las Memorias del “Seminario Internacional de Telecomunicaciones 2003 y más allá” bajo el título: “Proyección de empleo de las soluciones xDSL en Cuba”. Abril 2003.
- ✚ Ponencia y Publicación en las Memorias del “XI Simposio Internacional de Ingeniería Eléctrica” bajo el título: “xDSL, una tecnología prometedora”. Noviembre 2003.
- ✚ Cursos de Capacitación impartidos en el Centro Nacional de Capacitación de ETECSA sobre Tecnologías xDSL. Julio 2002 y septiembre 2003.

Estructura del Trabajo

El trabajo consta de introducción, tres capítulos, conclusiones y recomendaciones, referencias bibliográficas, bibliografía, glosario de siglas y términos, y cuatro anexos.

El Capítulo 1 hace un recorrido por la familia xDSL centrando la atención en los últimos desarrollos de ADSL, destacando su importancia en los momentos actuales de tránsito en el mundo, de redes de banda estrecha a las de banda ancha y el alto nivel de penetración que experimenta cada año a nivel mundial.

En el Capítulo 2 se analizan los problemas técnicos asociados al despliegue de xDSL sobre la red de telecomunicaciones existente, haciendo énfasis en la congestión de las centrales telefónicas, carencia de pares de la planta exterior y se enfoca el problema del acceso a Internet. Se aborda además el estado actual de la red nacional de videoconferencia.

El Capítulo 3 se dedica a estudiar las posibles soluciones a los problemas descritos anteriormente. Se analizan los servicios potenciales a brindar en una primera fase con estas tecnologías, así como elementos para la selección del equipamiento propuesto. Se sintetizan los resultados de las pruebas de campo realizadas a las tecnologías SDSL y ADSL. Se recomiendan además, acciones para el despliegue de estas tecnologías.

Los Anexos contienen información relativa al contenido teórico que encierran las Tecnologías xDSL, basado en el Procesamiento de Señales que emplean, se exponen los modelos de equipos de videoconferencia así como características de módems DSL con posibilidades de introducción en el país.

Capítulo 1. Tecnologías xDSL

1.1 Evolución de las Redes de Acceso

La red telefónica básica se creó para permitir las comunicaciones de voz a distancia. En un primer momento (1.876 - 1.890), los enlaces entre usuarios eran punto a punto, por medio de un par de cobre (en un principio un único hilo, de hierro al principio y después de cobre, con el retorno por tierra) entre cada pareja de usuarios. Esto dio lugar a una topología de red telefónica completamente mallada. Esta solución no es viable. Si se quiere dar servicio a una población de N usuarios, con este modelo se necesitarían $[N(N-1)]/2$ enlaces. Por esa razón se evolucionó hacia el modelo en el que cada usuario, por medio de un par de cobre se conecta a un punto de interconexión (central local) que le permite la comunicación con el resto.[31]

De este modo la red telefónica se puede dividir en dos partes. Conexión mediante una red en estrella es la que básicamente hoy se sigue manteniendo. Lo único es que la interconexión entre centrales se ha estructurado jerárquicamente en varios niveles dando lugar a una red de interconexión. De este modo, la red telefónica básica se puede dividir en dos partes: la red de acceso y la red de interconexión.

El bucle de abonado es el par de cobre que conecta el terminal telefónico del usuario con la central local de la que depende. El bucle de abonado proporciona el medio físico por medio del cuál el usuario accede a la red telefónica y por tanto recibe el servicio telefónico. La red de interconexión es la que hace posible la comunicación entre usuarios ubicados en diferentes áreas de acceso. Esta ha mejorando progresivamente, tanto en los medios físicos empleados como en los sistemas de transmisión y equipos de conmutación que la integran.

Los medios de transmisión han evolucionado desde el par de cobre, pasando por los cables de cuadretes y los cables coaxiales, hasta llegar a la fibra óptica, un medio de transmisión con capacidad para transmitir enormes caudales de información.[22]

Los sistemas de transmisión han pasado de sistemas analógicos de válvulas hasta llegar a sistemas de transmisión digitales. Por último, la capacidad de los equipos de conmutación empleados ha ido multiplicándose hasta llegar a centrales de conmutación digitales con capacidad para conmutar decenas de miles de conexiones a 64 Kbps.

Por ejemplo, los modernos anillos ópticos que se están desplegando permiten velocidades de transmisión de datos de 2,5 Gbps, que equivale a 32 240 comunicaciones telefónicas simultáneas, o de unos 1.500 canales de vídeo en formato MPEG2 (calidad equivalente a un vídeo en formato VHS) aproximadamente. Con todos estos datos, parece que la red de interconexión está capacitada para ofrecer otros servicios además de la voz: servicios multimedia de banda ancha.

Pero, ¿qué pasa con la red de acceso? Hasta hace poco se consideraba que sobre este lazo sólo se podían transmitir caudales de hasta 64 Kbps en la banda de frecuencias de 0-4 KHz. Es decir, que el bucle sólo servía para las comunicaciones de voz y la transmisión de datos en banda vocal mediante módem (desde los V.32 a 9,6 Kbps hasta los V.90 a 56 Kbps), y nada más. Figura 1.1. [31]

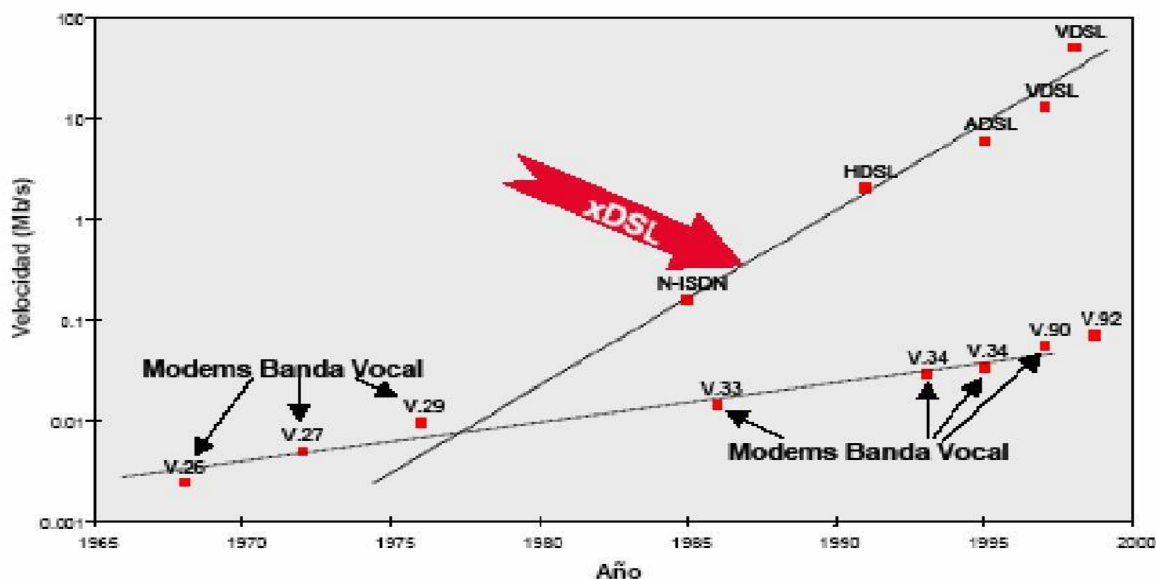


Figura 1.1 Evolución de los módems [31]

Por tanto, la red de acceso era el obstáculo que impedía a la red telefónica en su conjunto la evolución hacia servicios de banda ancha, como son los servicios multimedia: videoconferencia, distribución de vídeo, vídeo bajo demanda y transmisión de datos a gran velocidad. De acuerdo con esta creencia para ofrecer los servicios de banda ancha antes citados, se hacía necesario el despliegue de nuevas redes de comunicaciones basadas en el cable coaxial y en la fibra óptica. Y este fue uno de los motivos por los que las comunicaciones de banda ancha no han progresado tan rápido como se esperaba: desplegar nuevas redes, partiendo de cero, es muy caro tanto por el equipamiento como por las inversiones en obra. Y todo esto porque el par de cobre no tiene la suficiente capacidad. Pero esto no es así. Un par de cobre en un aceptable estado de conservación

tiene una respuesta en frecuencias permite la transmisión de señales en una banda que puede superar el MHz. Esto quedó demostrado en 1988 con la estandarización por parte de la UIT-T de la Red Digital de Servicios Integrados (RDSI), donde se puede transmitir algo más que la señal de voz correspondiente a un simple canal telefónico.

La RDSI permite, en su modalidad de acceso más simple, establecer dos canales de voz de 64 kbps y un canal de señalización (también disponibles para datos de baja velocidad) de 16 kbps, lo que unido al necesario empleo de bits de servicio conforman una velocidad total de 192 kbps, gracias al empleo de potentes técnicas de ecualización, hoy disponibles gracias al desarrollo de la microelectrónica y del procesamiento digital de señales. Estos desarrollos continuaron su evolución con el objetivo de elevar las velocidades de transmisión a menos costo, y derivaron hacia una familia de tecnologías en la que cada miembro se presta mejor para una aplicación determinada, en función del tráfico que soporta. [27]

A pesar de estas opciones tecnológicas basadas en el cobre, existen diferentes tipos de redes de acceso para entregar los servicios a los clientes, cada una con sus puntos fuertes y débiles, teniendo en cuenta el problema específico a solucionar, que incluye: aspectos económicos, densidad de población, geografía de la localidad, área de cobertura y aspectos tecnológicos, entre otros. Teniendo esto presente, se describirá brevemente la situación actual en que se encuentran cada de las redes que tienen posibilidades de desarrollo en estos momentos, y el porqué de la elección de xDSL.

✚ RDSI, es una alternativa superior en calidad de transmisión y velocidad comparada con las líneas dial up, o módems convencionales, pero no ha sido una solución adecuadamente competitiva para un mejor desarrollo del uso de los pares de cobre y la N-RDSI ha sido ampliamente superada en velocidades, flexibilidad y costes por las tecnologías xDSL y de cable módem. [27]

✚ Fibra óptica: En función de la extensión de la red, se definen topologías tales como: FTTC, donde el tendido se comparte entre varios abonados pertenecientes a una pequeña área urbana, FTTCab, que es semejante al anterior, pero con mayor número de abonados, FTTB en el cual la fibra llega al interior de un edificio donde se instala una unidad óptica (ONU). Esta alternativa es de interés actualmente por su combinación con DSL para distribuir los servicios al interior del edificio a través de par de cobre utilizando VDSL. Por último, tenemos FTTH, en las que se llega al abonado directamente desde el nodo de servicio. Aunque es la

opción más directa, es la más costosa ya que requiere de grandes inversiones de obra civil, de modo que la fibra en el bucle de abonado tiene todavía altos costos de implementación y parece una alternativa aún muy lejana para su empleo de manera masiva. [36]

-  LMDS: Sistema de comunicación punto – multipunto inalámbrico para transmisión en la banda de frecuencias superiores a 20 Ghz en un radio de hasta 6 km. Ofrece una plataforma multiservicio de banda ancha. Debe superar el inconveniente de la degradación del servicio en condiciones climáticas desfavorables (lluvia, niebla). Exige visión directa entre antenas. Velocidades hasta 8 Mbps y alcance limitado. Se encuentra en plena etapa de desarrollo. [27]
-  UMTS: Normativa europea de 3^{ra} generación de telefonía celular en la banda de 1.9 Ghz utilizando W-CDMA como técnica de acceso estandarizado por ETSI. Permite comunicaciones de radio digital con ancho de banda suficiente para Internet, multimedia, video y otras aplicaciones de alta capacidad. Posee casi el mismo rendimiento en transmisión inalámbrica que en una comunicación a través de cables. Cada terminal es capaz de acceder a varios servicios en forma simultánea y bajar información a velocidades de hasta los 2 Mbps. No obstante las expectativas puestas por las operadoras y fabricantes de equipos sobre el desarrollo de esta tecnología y de las redes UMTS, aún no ha sido desarrollada totalmente para la transmisión de gran ancho de banda y los clientes aún no la identifica, como no lo hace con los celulares para el uso de comunicaciones en banda ancha, sino que aún se tiene la concepción del teléfono móvil como un servicio para voz y para mensajes cortos. [27]
-  Cable módem: Se encuentra bastante desarrollado como tecnología, pero su penetración está muy atada a la capacidad de las redes de las operadoras a nivel de los usuarios; si bien esta alcanzando cada vez mayor popularidad, conjuntamente con un cambio de actitud en las operadoras de cable, cada vez más lanzadas a suministrar a sus clientes servicios de telefonía, datos e Internet a través de estas redes. Una de las características de estas redes, es que el ancho de banda disponible se comparte con todos los abonados que acceden simultáneamente a la red, lo que hace variar la calidad de servicio a medida que se incrementa el número de abonados. [27]

- Las nuevas tecnologías en TV Digital, si bien tienen la capacidad, se encuentran en pleno desarrollo, no están en uso en forma masiva en la mayoría de los países, y sus costes aún se encuentran a niveles muy elevados como para resultar un medio de acceso de banda ancha competitivo respecto de otras alternativas tecnológicas. Tienen la posibilidad de establecer redes de frecuencia única de modo que los transmisores situados a lo largo de un territorio para transmitir un programa determinado lo hagan usando la misma frecuencia. Este sistema de transmisión, independientemente del medio, ofrece acceso a servicios de valor agregado e interactividad, imposibles de implementar con la TV analógica actual. Sus costos de implementación son elevados, tanto por parte de las operadoras y canales de televisión, como el costo de los aparatos para los abonados vienen demorando el despegue de la actividad en este sector.
- xDSL se distingue del resto de las tecnologías de acceso por sus ventajas en cuanto a economía, ya que se acondiciona parcialmente la central para dar servicios, y su crecimiento se implementa en la medida de las necesidades, los tiempos de instalación se reducen a horas, los costos son inferiores los de las tecnologías de fibra o radio, se alcanzan velocidades de varios Mbps, la calidad en la transmisión presenta un B.E.R. $<10^{-8}$, la seguridad es máxima ya que el medio no es compartido y la conexión es permanente, por lo que no hace falta discar.

En septiembre del 2003 se alcanzaron los 55 millones de líneas distribuidas por todo el mundo, cifra prevista según los cálculos para cerrar el año. [42] Los elevados índices de penetración sostenida que ha alcanzado xDSL en los últimos cinco años y la diversidad de formas en que puede desplegarse, son las razones que animan al estudio para introducir en Cuba de forma eficiente las tecnologías de mejores prestaciones dentro de esta gran familia y adecuarla a soluciones específicas para resolver los problemas de conectividad que enfrenta ETECSA, además de utilizarse como alternativa importante para descongestionar la red de voz del tráfico de datos.

1.2 La familia xDSL.

Las tecnologías xDSL convierten las líneas analógicas convencionales de pares de cobre en líneas digitales de alta velocidad, lo que posibilita ofrecer los servicios de banda ancha a los abonados. Para su implementación se requiere de un terminal en cada extremo del circuito, módem xDSL, cuya función es procesar las señales de datos de alta velocidad y convertirlas en señales capaces de viajar por este soporte, compensando las distorsiones que típicamente el cobre introduce a las de alta velocidad. Esta generación avanzada de módems mediante nuevos códigos de línea, modernas técnicas de modulación y ecualización adaptativa son capaces de lograr que los pares de cobre lleguen a soportar capacidades de transmisión de varios Mbps sobre alcances típicos del lazo de abonado. Se diferencian entre sí en la simetría del tráfico que cursan, en la forma en que realizan el procesamiento de señales que utilizan, en la distancia que alcanzan en dependencia de la velocidad y en las aplicaciones que soportan. [18]

Entre las múltiples variantes de xDSL, se encuentran: HDSL, SDSL, HDSL₂, y GSHDSL, entre los simétricos y ADSL, ADSL G.Lite y VDSL entre los asimétricos. A continuación se describen brevemente los más significativos:

HDSL (High bit rate Digital Subscriber Line): Tecnología simétrica que provee iguales velocidades en los sentidos de transmisión y recepción (2.048 Mbps) sobre dos o tres pares de cobre. Esta variante no permite la operación simultánea con el servicio telefónico, y está orientada fundamentalmente a usos empresariales (interconexión de nodos proveedores de Internet, redes privadas de datos, enlaces entre PBX, etc). Utiliza codificación de línea 2B1Q y se implementa como alternativas a líneas E1/T1, sustituyendo los repetidores del enlace tradicional. Se pueden alcanzar hasta 4 km sin repetidores. Normalmente admite hasta 2 repetidores triplicando la distancia con hilos calibre 26 (0.4 mm). Se pueden alcanzar mayores distancias incrementando el calibre del alambre. Tabla 1.

Calibre (mm)	Distancia (Km)	Con un repetidor	Con dos repetidores
0.4	4.0	7.2	10.8
0.6	5.4	10.8	16.2
0.8	10.0	10.0	20.0

Tabla 1 Distancias aproximadas alcanzadas por sistemas HDSL [2]

SDSL (Single pair Digital Subscriber Line): Semejante al HDSL en su operación, se diferencia en que solo requiere un solo par trenzado gracias al empleo de métodos de cancelación de eco y ecualización adaptativa mejorados y a la vez propietarios. Utiliza codificación de línea 2B1Q. Tiene relación de velocidades adaptativa, las cuales van desde 192 kbps hasta 2.36 Mbps para usuarios que estén entre 4.5 km y 1.8 km de la central, respectivamente; sobre un par calibre 26. Gana simpatía y campo de aplicación en la solución de problemas tales como el acceso de 30 canales telefónicos a una PABX con el empleo de un solo par de cobre.

ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line): Soporta un tráfico asimétrico entre la Central y el cliente. Utiliza un ancho de banda en recepción (down stream) de hasta 9 Mbp, y en transmisión (upstream), entre 640 kbps y 1.5 Mbps. Para lograr estos anchos de banda, utiliza modulación CAP (Modulación de Amplitud y Fase sin portadora) y DMT (Modulación Multitono Discreto), esta última, estandarizada por los organismos internacionales ANSI y ETSI.

Permite la utilización simultánea de la red telefónica básica simultáneamente mientras se navega por Internet con conexión permanente, sin ocupar capacidades de las centrales telefónicas. Para esto requiere de un filtro pasabanda divisor (splitter) en cada extremo de la línea para separar las bandas de alta y baja frecuencia. [40]

La **Figura 1.2** muestra la configuración de un enlace ADSL. Cuando el cliente excede la distancia máxima permisible para un enlace, alrededor de 6 km, o cuando la resistencia del lazo de abonado sobrepasa aproximadamente los 1300 ohms, se puede incorporar un repetidor digital remoto (DLC-RT) para incrementar el alcance. Lo logra regenerando la señal y transmitiéndola al extremo de la Central. Este tipo de instalación es costosa y se justifica solo si hay gran demanda en una zona con alta concentración de clientes y no exista fibra como soporte físico.

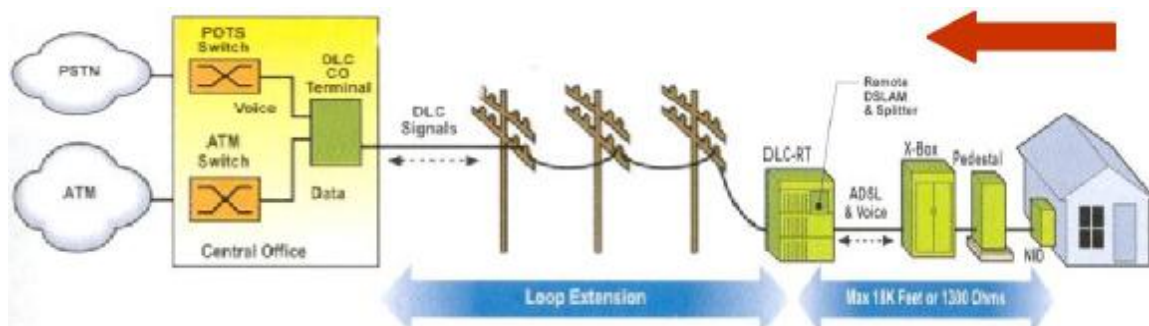


Figura 1.2 ADSL con repetidor (Digital Loop Carrier: DLC)

ADSL es apropiada para la navegación en Internet, donde se recibe mayor cantidad de información que la que se transmite, videoconferencia, servicios multimedia interactivos, teletrabajo, teleinformación y video bajo demanda.

Existe un nuevo estándar ADSL, el G.dmt.bis y G.Lite.bis (ITU G.992.3 y G.992.4), conocido como ADSL2, que presenta mejoras en el alcance y velocidad mediante la disminución de la tasa de entramado y la determinación de diafonía e interferencias. Además permite la Multiplexación Inversa ATM (IMA, Inverse Multiplexing ATM) para utilizar varios pares en la transmisión de las celdas y lograr mayores velocidades en la red de acceso.

ADSL G. Lite: Variante ligera de ADSL, se diferencia de ADSL estándar en que se sustituyen los splitters del lado del cliente por microfiltros conectados en serie con el teléfono, que actúan como filtros pasabajo. Esto limita el ancho de banda en recepción a 1.5 Mbps y en transmisión a 512 kbps, pero no requiere intervención en el lado del cliente del operador de telecomunicaciones. [31]

VDSL: (Very high data rate Digital Subscriber Line): Aunque inicialmente clasificó como asimétrica, se fabrican equipos configurables en ambos modos, es la más rápida de todas las tecnologías, utiliza una combinación de fibra con cobre para alcanzar velocidades entre 13 - 52 Mbps en recepción y entre 1.6 – 6.4 Mbps en transmisión en distancias entre 1.5 Km y 300 m. [7] Tabla 2.

tipo servicio	Alcance [km]	down [Mbps]	up [Mbps]
asimétrico			
corto	0.3	52 34 ó 38.2	6.4 4.0
medio	1.0	26 19	3.2 2.3
largo	1.5	13 6.5	1.6 1.0 ó 0.8
simétrico			
corto	0.3	34 26 19	34 26 19
medio	1	13	13
largo	1.5	6.5 4.3 2.3	6.5 4.3 2.3

Soporta las mismas aplicaciones que ADSL, aunque en distancias más reducidas, en distribuciones interiores de edificios, esto facilita a los proveedores de servicio de red ofrecer televisión de alta definición (HDTV), video bajo demanda, acceso remoto a redes LAN, Internet de banda ancha, así como servicios Multimedia.

Tabla 2 Velocidades y alcances de VDSL

La Figura 1.3 resume en términos de ancho de banda el comportamiento de los xDSL más comunes y se ubica la tecnología RDSI acceso básico, que fue la génesis de xDSL, como referencia para ilustrar cuanto ancho de banda se puede obtener del mismo par de cobre que se encuentra instalado en nuestras redes de planta externa. En las condiciones de nuestro país, donde se requiere optimizar los recursos, se le debe prestar especial atención a las tecnologías G.SHDSL y ADSL, por su alta capacidad de transporte.

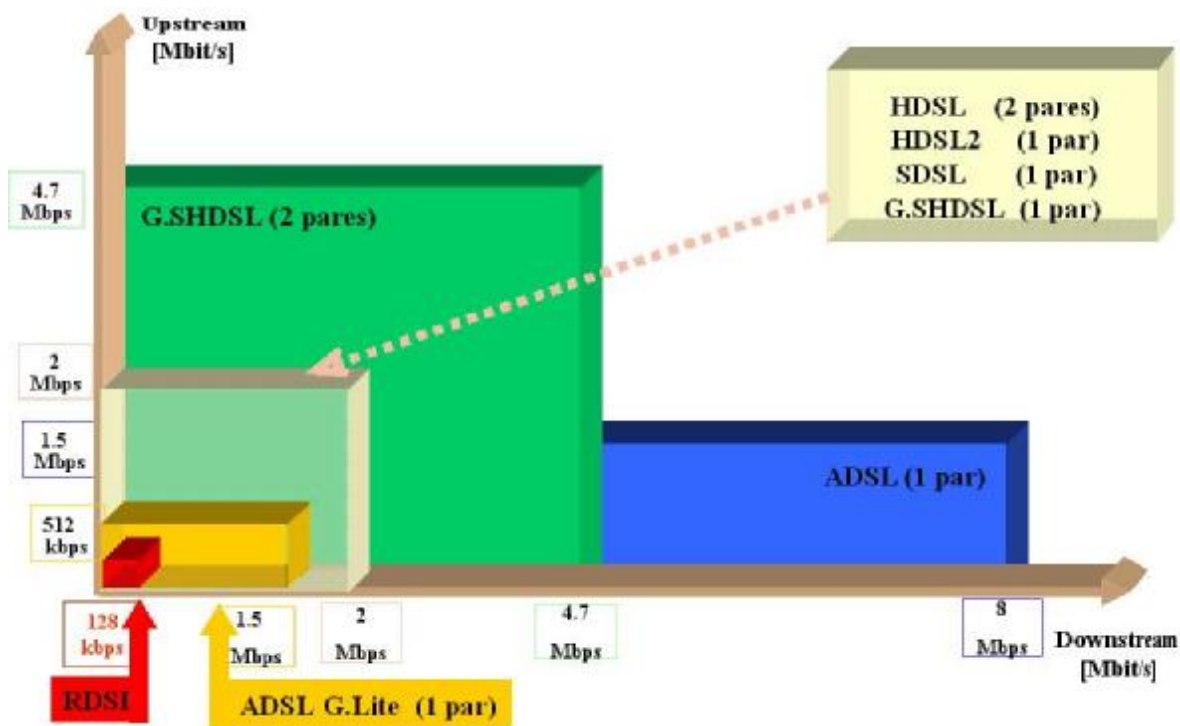


Figura 1.3 Comparación entre los xDSL más comunes en función del ancho de banda [19]

1.3 Arquitectura básica de un sistema xDSL.

La Figura 1.4 muestra diferentes tipos de DSL conectados en una red. En las instalaciones del cliente hay una PC o una LAN conectadas a través de un router a un módem DSL conectado a la línea telefónica convencional.

Una gran parte de los módems actuales tienen incorporadas las funciones de router, gateway y firewall. En las instalaciones de la Central Telefónica los pares llegan al MDF denominado “vertical”, los que en condiciones normales se conectan al MDF “horizontal” que tiene enlace con la Central. En el caso de tecnologías asimétricas como ADSL y VDSL, en este punto hay que hacer un trabajo de acondicionamiento, e interrumpir el par, conectándolo desde el MDF vertical a un rack donde está representado el DSLAM, y cuya entrada es el splitter (filtro pasabanda). La salida del filtro pasabajo se conecta al “horizontal” y de ahí a la Central, mientras que la salida del pasaaalto va al DSLAM y de ahí a la red de datos, que puede ser ATM o IP. [43]

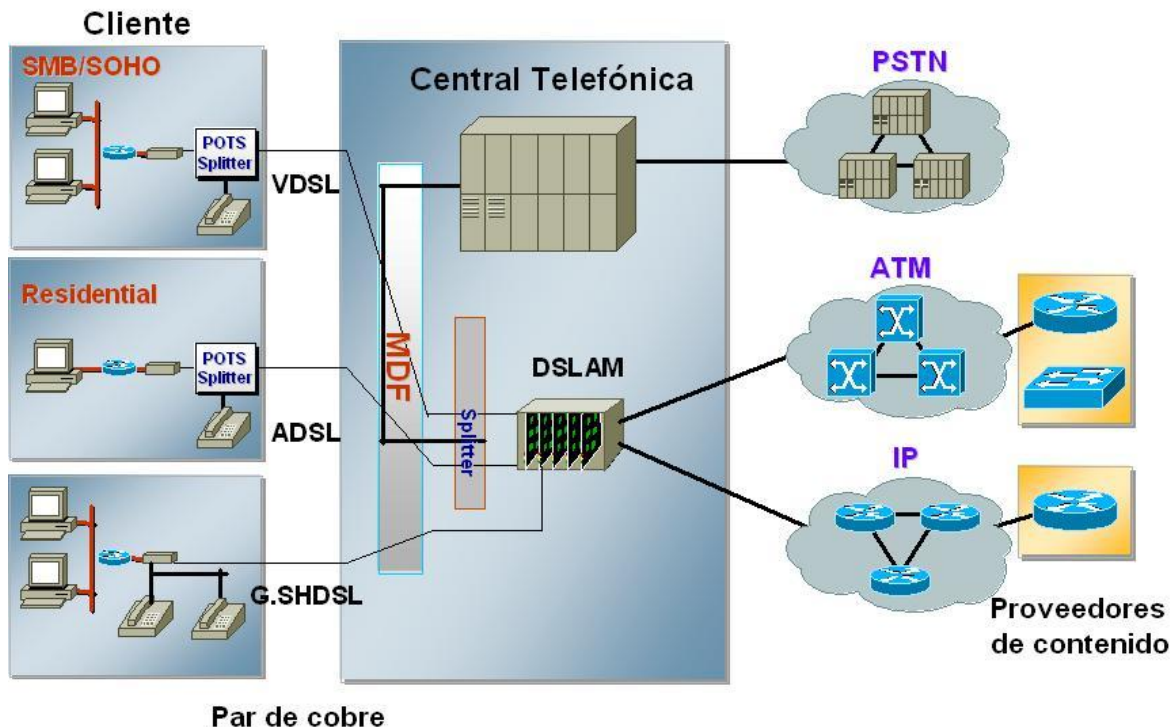


Figura 1.4 Arquitectura típica de un sistema xDSL [38]

En dependencia del backbone de red, el DSLAM tendrá una tarjeta de interfaz ATM ó IP. Al backbone de datos se conectan los proveedores de contenido multimedia, ISP y otros.

Particularmente en el caso de VDSL hay variantes. Puede usarse la misma configuración que ADSL, pero no se aprovecharían las ventajas de las altas velocidades por la distancia entre el cliente y la Central. Del DSLAM puede salir fibra óptica hasta un punto próximo a las instalaciones del cliente, la acera, el gabinete o el edificio y terminar en una Unidad de Red Óptica (ONU), donde comenzaría el cobre hasta el cliente. Es típico que la fibra llegue hasta el distribuidor de piso de un edificio y el cobre se utilice para la distribución interna en los pisos.

En el caso de utilizar tecnologías simétricas como HDSL, SDSL, ó G. SHDSL, no hay que hacer modificación en el extremo de la Central, solo conectar el par de cobre del MDF “vertical” a la tarjeta homóloga al módem del extremo del cliente en el DSLAM. Se utiliza fundamentalmente para dar servicio de transporte simétrico entre dos puntos y para suministrar servicios de voz. Figura 1.4. En este caso en el extremo del cliente se conectan teléfonos y un GW paquetiza la voz¹ para transmitirla por el enlace DSL. [17]

En realidad, las inversiones son mínimas y las Centrales se acondicionan en la medida en que crezca la demanda de clientes. Los DSLAM tienen la versatilidad de soportar tarjetas de diversas tecnologías con diferentes grados de concentración de abonados. Los hay con tarjetas desde 4 hasta 24 abonados y la instalación puede realizarse en horas.

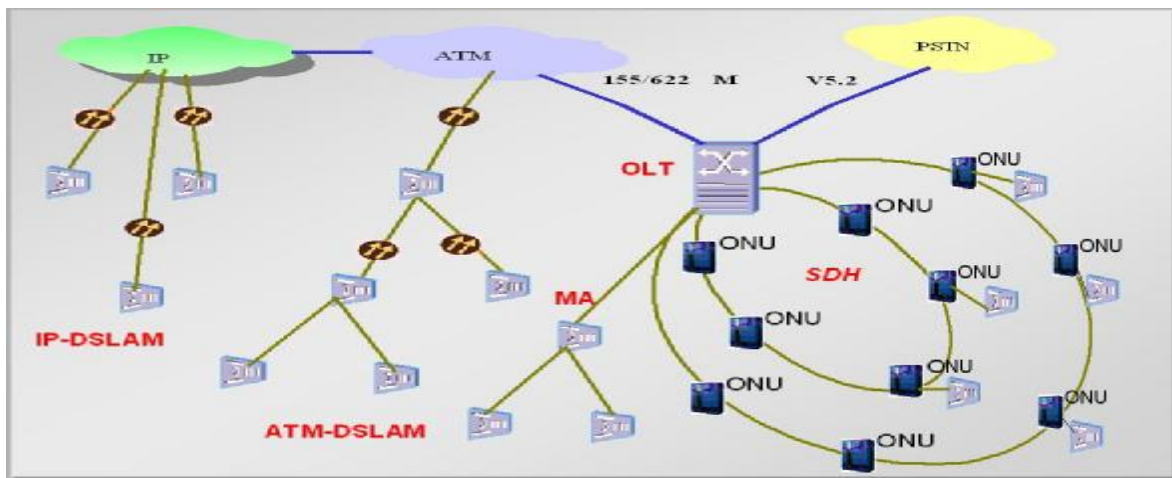


Figura 1.5 Topología ONU – OLT [25]

¹ Ver 3.2 Servicios Potenciales

A partir de esta arquitectura básica los fabricantes tratan de incluir DSLAM en sus plataformas de acceso multiservicio. Ejemplo de esto es el esquema desarrollado por Huawei con la filosofía OLT – ONU (Terminal de Línea Óptico – Unidad de Red Óptica) , que tiene como objetivo aprovechar las redes ópticas basadas en tecnología SONET o SDH para extender los alcances de la red de acceso.

La Figura 1.5 ilustra como pueden desplegarse anillos ópticos partiendo de la unidad terminal de línea y ubicar unidades ópticas de red en diversos puntos de estos anillos, típicamente de 10 a 20 km de diámetro. Los pares de cobre parten del ONU hasta el cliente. De este modo, se maximizan los recursos y se aumenta el área de servicio.

También se pueden hacer cadenas e interconectarlas entre sí e ir las cerrando hasta convertirlas en anillos. Todo depende de los recursos financieros disponibles. En la Figura 1.5 se han representado DSLAM con interfaces ATM e IP, que se han desarrollado con diferentes capacidades para ser incorporado a los gabinetes de acuerdo a las necesidades de crecimiento. Estos DSLAM se montan como pequeños gabinetes dentro de los bastidores de la ONU.

La Figura 1.6 muestra la versión compacta de DSLAM que se encuentra bajo prueba de campo (febrero 2004) con conectividad ATM al backbone de Cubadata. Hay que insistir en utilizar en los momentos iniciales del despliegue de servicios equipos con baja concentración de abonados. Permite además tarjetas G. SHDSL.



Figura 1.6 DSLAM 5100-grande, 5103-media, 5105-pequeña capacidad [25]

1.4 Últimos resultados de la tecnología ADSL.

En Julio del 2002, la UIT completó dos nuevos estándares para la tecnología ADSL, estos fueron: G.992.3, para ADSL2 (G.dmt.bis) y G.992.4, para ADSL2 (G.lite.bis). En Enero del 2003, como consecuencia del incremento de las ventas de ADSL, que sobrepasaron los 36 millones de líneas, vió la luz un nuevo miembro de la familia, el ADSL2+, con características mejoradas respecto a ADSL2 en cuanto a su operación, en los siguientes aspectos: alcance, velocidad, razón de adaptación, diagnósticos y ahorro de energía, entre otras.

A continuación se analizarán estos detalles y se apreciará claramente sus ventajas:

1. Razón de velocidad y alcances mejorados: ADSL2+ (G.992.5) utiliza el doble de ancho de banda del ADSL estándar. La Figura 1.7 muestra el espectro de

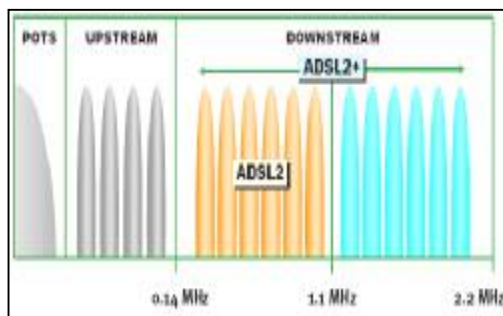


Figura 1.7 Espectro de frecuencias utilizado por ADSL2 y ADSL2+

frecuencias que utiliza ADSL2+ en relación a ADSL estándar y ADSL2, que utilizaban hasta 1,1 Mhz, logrando razones de velocidad de 20 Mbps en líneas de 1.5 km de longitud, gracias a mejoras en la modulación, reducción de la trama de encabezado, elevada ganancia de codificación y optimización del algoritmo de operación del MODEM. Utiliza

modulación TC PAM 16 en líneas donde la relación señal/ruido es baja. Además, el receptor determina qué cantidad de símbolos asignar a la constelación dinámicamente en presencia de interferencias de radio, por esta razón se mantiene una elevada ganancia de codificación del codificador de Viterbi. [4]

2. ADSL2+ dispone de la capacidad de utilizar tonos en el intervalo de frecuencias entre 1,1 – 2,2 Mhz para enmascarar el flujo descendente (downstream) para frecuencias inferiores a 1,1 Mhz. Esto se utiliza para minimizar la diafonía cuando coexisten en el mismo cable

ADSL2 reduce la longitud de la trama de encabezado con un número programable de bits de encabezado. ADSL estándar utiliza un encabezado fijo que consume 32 kbps de la carga útil. ADSL2 utiliza un número entre 4 y 32 bits de encabezado por trama que puede

ser programado. Esto conlleva a que en líneas de longitudes largas, donde la razón de bits tiende a disminuir, se logre una elevada ganancia de codificación con la programación de una palabra de código de longitud óptima para el codificador Reed Solomon. [5]

La máquina de estados de inicialización de ADSL2 se ha dotado con las siguientes capacidades:

- ✚ Disminuir automáticamente la potencia o suprimirla totalmente en ambos extremos de la línea para reducir los niveles de diafonía de extremo cercano y de eco por interferencias en pares adyacentes del mismo cable así como de interferencias de radio de alta frecuencia (RFI).
- ✚ Determinación por parte del receptor de un tono piloto para evitar canales nulos producto de interferencias de radio de banda estrecha (AM) o de derivaciones en la línea.
- ✚ Control de la longitud de la secuencia de inicialización entre el transmisor y el receptor para permitir tramas óptimas de entrenamiento entre el transmisor y el receptor mientras se ejecutan las funciones de procesamiento de señal.
- ✚ Utilización de un tono de bloqueo que permite aplicar los esquemas de cancelación de eco en presencia de interferencias de radio (RFI).
- ✚ Arranque rápido: ADSL2 reduce a 3 seg el tiempo de inicialización del MODEM, ya que ADSL estándar toma alrededor de 10 seg.[4]

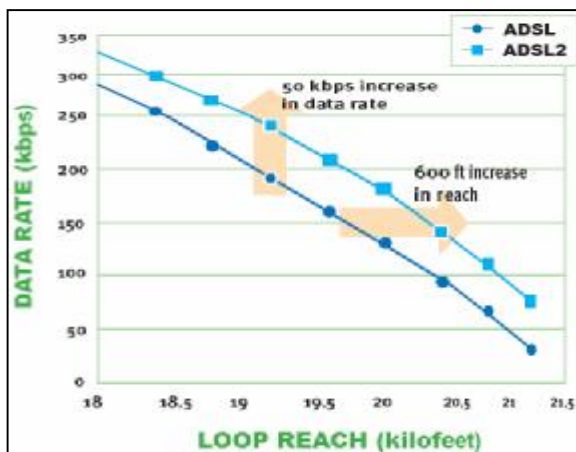


Figura 1.8 Diferencias en alcance y velocidad

Estos factores han permitido que los ADSL2 alcancen mayores distancias y velocidades que los ADSL estándar. La Figura 1.8 muestra que en líneas largas (6.5 km) la velocidad se incrementa en 50 kbps, respecto a ADSL estándar. Esto se traduce en un incremento de la cantidad de abonados que pueden recibir servicio a 220 metros de distancia respecto al alcance de ADSL estándar y en un área aproximada de 4,0 km².

3. Capacidad de Diagnóstico.

Uno de los factores que obstaculizan el despliegue de ADSL es la determinación de la causa de problemas en la fase de instalación y pruebas. Para remediar esto, ADSL2 incorpora herramientas para diagnosticar fallas durante la instalación, configuración, calificación de líneas, supervisión del servicio y actualización del software. Estas herramientas permiten mediciones de ruido en la línea, atenuación en el lazo de abonado y relación señal ruido en ambos extremos de la línea, entre otras. Esto brinda capacidades de diagnóstico elevadas y de monitoreo en tiempo real, que permiten al proveedor de servicio prevenir posibles fallas mediante mediciones de parámetros de calidad del servicio y comprobar que al cliente se le está ofreciendo un servicio de datos de alta velocidad. [9]

4. Optimización del consumo de potencia.

ADSL estándar tiene un consumo de potencia constante durante todo el tiempo de funcionamiento, aún cuando no esté en uso. Considerando que hay más de 55 millones de líneas ADSL instaladas actualmente (septiembre del 2003), esto representa un desperdicio de potencia en relación al modo de funcionamiento de las computadoras, que

entran en stand by cuando no están utilizándose. Esta facilidad se ha incorporado a los módems ADSL2, tanto en DSLAM como en repetidores (Digital Loop Carriers: DLC) y significa un ahorro importante de potencia para estos equipos, que tienen requerimientos muy estrictos de disipación de potencia.

La Figura 1.9 ilustra la forma en que ADSL2 administra la energía.

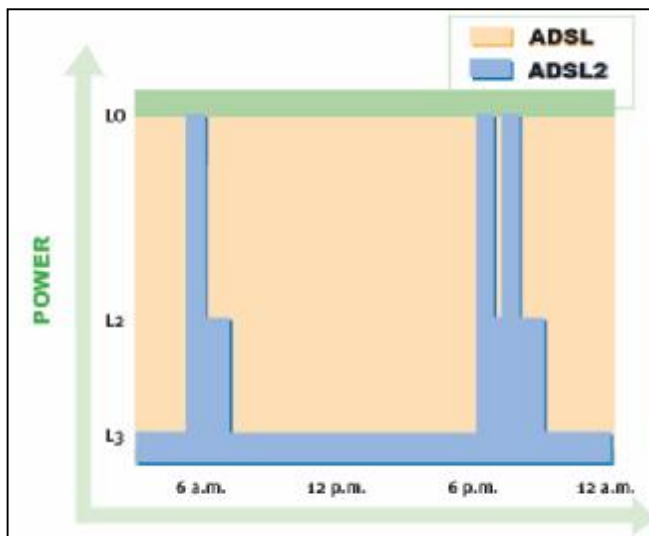


Figura 1.9 Administración de potencias de ADSL2

Cuando se está transfiriendo un fichero, por ejemplo, el DSLAM trabaja con máximo consumo de potencia (modo L0) para maximizar la velocidad de descarga, pero si se está leyendo un fichero, el consumo disminuye a la mitad, (modo L2), y si la línea está inactiva durante algún tiempo, por ejemplo, si no hay tráfico ADSL, que equivale a no hacer click, se entra en el modo L3, stand-by, y entra en L0 nuevamente cuando se inicie la navegación o la descarga. Los mecanismos para entrar y salir de un modo a otro van acompañados de adaptación de velocidad sin interrupción del servicio, y la demora de L3 a L0 es de 3 segundos aproximadamente para inicializar nuevamente la comunicación.

5. “Bonding”, para lograr elevadas razones de datos

Los proveedores de servicio ofrecen normalmente diferentes niveles de calidad de servicio (SLA) a los clientes. La velocidad puede incrementarse uniendo múltiples líneas.

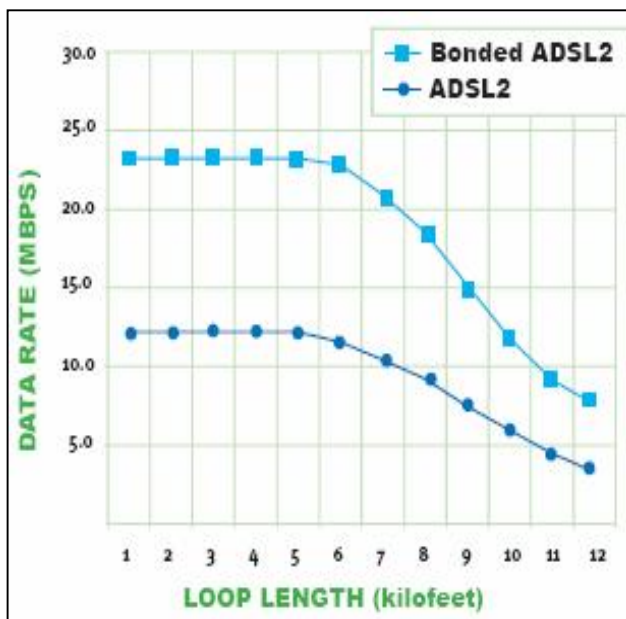


Figura 1.10 Razones de velocidad y alcances con Bonding en ADSL2

Para lograrlo se ha implementado tradicionalmente multiplexación inversa ATM (IMA), definido por el ATM Forum. Figura 1.10. [5]

Se le ha incorporado a ADSL2 ésta interfaz para permitir dos o más pares de cobre en un solo enlace, proporcionando mayor flexibilidad en las velocidades de datos de la red al cliente (downstream). El estándar IMA especifica una nueva subcapa que reside entre la capa física ADSL y la capa ATM. El transmisor toma el flujo ATM y lo distribuye sobre múltiples enlaces físicos ADSL. En recepción se reconstruye la trama original.

6. Canalización y Voz sobre DSL

ADSL2 permite dividir el ancho de banda en diferentes canales sobre el mismo enlace para diferentes aplicaciones. Por ejemplo: Permite simultanear entre aplicaciones de voz, las cuales deben tener una baja latencia no son tan sensibles a los errores en la transmisión y aplicaciones de datos que no son sensibles a la latencia pero sí al error. Esta capacidad de canalización permite una nueva aplicación denominada “Voz canalizada sobre DSL” (CVoDSL), que constituye un método de transporte transparente de líneas TDM con tráfico de voz sobre el ancho de banda DSL, mientras se mantienen a los abonados POTS y el tráfico de datos, como el acceso a Internet, simultáneamente.[9]

CVoDSL se ha diseñado para permitir a la nueva generación de DSLAM y DLC entregar servicios de voz adicionales a los servicios de datos tradicionalmente ofrecidos.

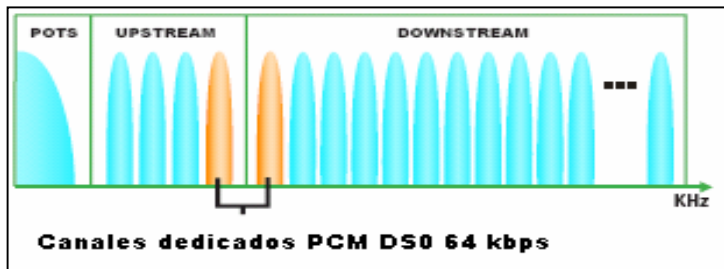


Figura 1.11 Canalización para reserva de canales dedicados

La Figura 1.11 muestra la forma en que CVoDSL reserva “canales” de 64 kbps dentro de la banda DSL y entrega los canales (DS0) PCM correspondientes a los abonados POTS desde el MODEM al terminal remoto o a la Central Telefónica. Esto

elimina la necesidad de paquetizar el tráfico de voz sobre la línea telefónica en capas de protocolos IP ó ATM.

ADSL puede activar simultáneamente hasta 4 líneas de voz sin comprimir, las cuales se transmiten a 256 kbps. Si la tecnología fuera G.SHDSL, entonces se puede dedicar mayor cantidad de canales de voz pero no admiten el tradicional servicio POTS. La señalización de estos canales se encapsula en la trama HDLC a través de mensajes que transmiten los cambios de estado de cualquiera de los canales de voz, y se repiten 3 veces para asegurarse de que el mensaje no esté corrupto. Cuando no hay cambios de estado de la señalización se envían mensajes periódicos para mantener la sincronización entre ambos extremos. En el mercado se ofertan plataformas de acceso multiservicio (MSAP's) con funcionalidades ATM y CVoDSL. [9]

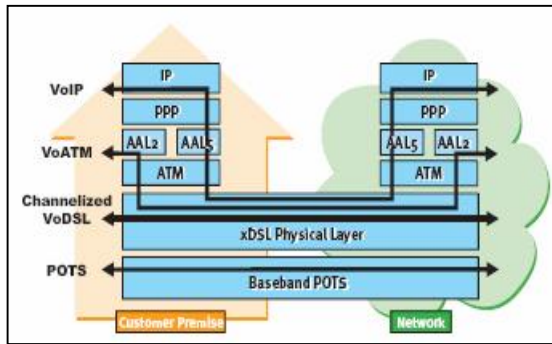


Figura 1.12 Alternativas de transmisión sobre el enlace DSL

La Figura 1.12 muestra como diversas aplicaciones pueden coexistir sobre el mismo enlace ADSL. Por un lado, en la banda de 0-4 khz se transmite el canal de voz tradicional (POTS), sobre la capa física xDSL se transmiten la voz canalizada, conjuntamente con las celdas ATM provenientes de la encapsulación tanto de la Voz sobre IP sobre AAL5 como de la Voz sobre ATM en AAL2.[9]

1.5 Selección del backbone de datos

Existen numerosos factores que intervienen en el proceso de implementación de una red basada en tecnologías xDSL. Analicemos ahora el segmento de red del DSLAM hacia el proveedor de servicios. ¿Cuál camino adoptar?. ¿ATM ó IP?. Una de las elecciones estratégicas importantes por parte de las operadoras, cuando deciden construir una red con DSL es la implementación de los accesos sobre ATM o sobre IP. Hay que aclarar que cuando nos referimos a una red IP estamos hablando de una red de routers interconectados entre sí y que resulta transparente el medio de transmisión que los enlaza, aunque lo más común es IP sobre ATM. Esta no es solo una decisión de producto relacionada con las ventajas de uno u otro equipo, sino que es una decisión que afectará toda la operación de la red, su escalabilidad y la provisión de servicios en el futuro. Por lo que los diseñadores deberían considerar las características técnicas y estratégicas de estas dos opciones al momento de realizar una elección. [1]

En la actualidad, los proveedores de servicios tratan de construir sus redes tendiendo a entregar servicios de valor agregado de voz, datos y contenido, más que en la sola provisión de servicios de Internet. Pero para ello, deben implementar sistemas con elevados niveles de calidad de servicio, con capacidad para diferenciar tráfico por abonado y aplicaciones, las que deben ser gestionadas tan rápida y simplemente como sea posible.

En ATM, estas características son implementadas con el establecimiento de Circuitos Virtuales entre el proveedor y cada uno de los usuarios, para cada uno de los servicios a proveer. Cuando se aplica sobre DSL se establecen dos circuitos virtuales, uno para voz

(CBR) y otro para datos (UBR), por lo que debe entonces controlarse el ancho de banda y dar prioridades de tráfico para cada uno de los circuitos. Esto afecta la escalabilidad de la red, ya que es necesario configurar y probar cada uno de estos circuitos, y si esto lo extrapolamos a un gran número de usuarios en la red, el trabajo es altamente complicado. Si calculamos los pronósticos de desarrollo de DSL (actualmente hay más de 55 millones de líneas instaladas en el mundo [42]) y los multiplicamos por la cantidad de servicios, la cantidad de circuitos virtuales a configurar y probar es realmente enorme.

Es decir que en principio, una red basada en ATM resuelve los problemas de calidad de servicio para soluciones multiservicio a través de DSL, pero es muy costosa su implementación y gestión, y muy complicada su escalabilidad.

La otra alternativa, es el uso de DSLAM's basados en IP, que aprovechen las ventajas de escalabilidad y economía operacional de una red totalmente IP.

Como se ha comentado anteriormente, los DSLAM inteligentes pueden utilizar el encabezamiento de un paquete IP para implementar capacidades de Clases de Servicio, con similares controles sobre los servicios individuales que con el ATM, utilizando esta información para fijar prioridades de tráfico. Tienen la ventaja adicional de no tener que integrar otro protocolo diferente, y pueden construir redes basadas en IP para un envío flexible y eficiente de información.

El hecho de que los proveedores posean DSLAM inteligentes basados en IP, le permitiría a los proveedores mantener una red homogénea, fácil de escalar, con costos de operación más económicos y mayor rentabilidad.

Como la elección afectará todo el modelo del negocio, dependerá del operador, del backbone de red de que disponga, etc., cual será la alternativa más conveniente, independientemente de considerar que las redes ATM son más costosas y su provisión este limitada a un pequeño grupo de proveedores y que las redes IP están más difundidas en la red y existan mayor cantidad de fabricantes de equipos IP en el mercado.

En principio y si bien es una decisión estratégica, deberá ser analizada en el conjunto de decisiones estratégicas, entre las que intervienen temas como por ejemplo el de seguridad, estandarización, calidad de servicio, etc. Esto cobra mayor importancia si observamos que la tecnología IP será la base para la red de próxima generación [53].

Cuba parece transitar por los caminos de ATM. Dispone en estos momentos de un backbone con bajo índice de aprovechamiento del ancho de banda (alrededor de un 5%), se han hecho inversiones para sustituir el conmutador de la central de Aguila I a un conmutador ATM, y la red IP existente es insuficiente en cuanto a enlaces, ancho de banda y puntos de presencia. Se prueban alternativas con MPLS en estos tiempos. Este es el panorama actual en Cuba en cuanto al backbone de datos, y en base a él se hacen pruebas de DSLAM utilizando conexiones ATM.

1.6 xDSL en las redes de próxima generación (NGN).

¿Qué pasará en el futuro con xDSL?. Este cuestionamiento se impone en casi todas las tecnologías. El pasado año, los pronósticos de crecimiento de servicios DSL se cumplieron al comenzar el mes de septiembre, alcanzándose la cifra de más de 36 millones de líneas distribuidas por todo el mundo. Según estudio de la "European Broadband Services", se prevé para finales del año 2005, la existencia de 61 millones de conexiones de banda ancha, con un nivel de ingresos de casi 15.000 millones de dólares. Las tendencias mundiales apuntan a una transformación en las redes de conmutación de circuitos hacia red de paquetes. Para realizar este tránsito, se han encontrado alternativas para la coexistencia de ambas redes.

La Figura 1.13 muestra Centrales de acceso clase 5 conectadas a centrales de tránsito clase 4, sustituidas por un MGW, que actúa como interfaz con una sección de la red de nueva generación.

El MGC controla las pasarelas (MGW) de los medios de comunicaciones de los elementos de control de llamadas externas. Los firewalls controlan el acceso de forma dinámica de acuerdo a las políticas acordadas entre ambas redes. En los puntos terminales hablarán teléfonos convencionales en la red de conmutación de circuitos en un extremo, coexistiendo con teléfonos de próxima generación en la red de conmutación de paquetes. [53].[39]

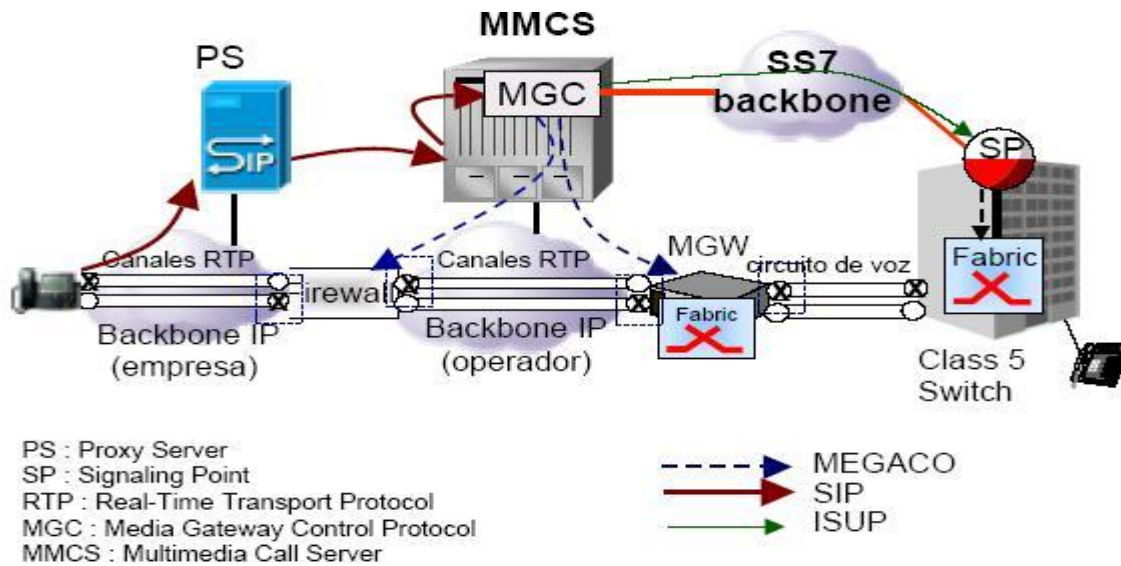


Figura 1.13 Tránsito hacia la red de próxima generación [53].

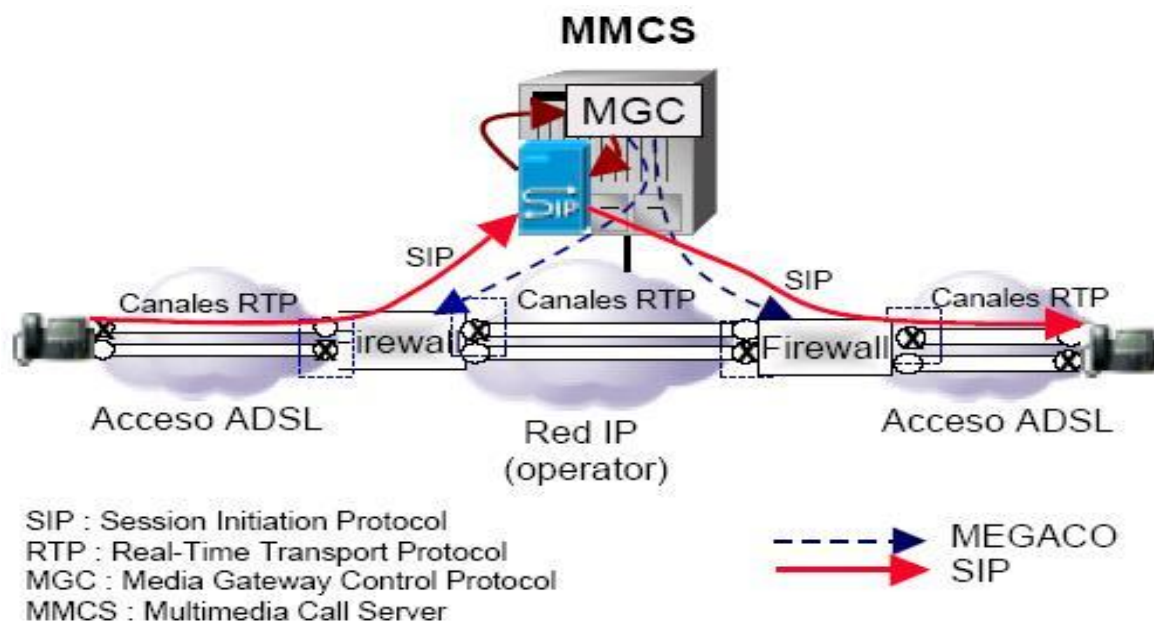


Figura 1.14 Red de próxima generación (NGN) [53].

En este período seguirá el despliegue de DSL en el acceso. Como resultado de la migración, Figura 1.14, se eliminarán las Centrales de conmutación de circuitos, las cuales serán sustituidas por servidores SIP y teléfonos SIP, manejando protocolos MEGACO y SIP y se llegará a la NGN, compuesta exclusivamente por servidores y teléfonos SIP.

En el terminal telefónico, radicaré la inteligencia, y en el servidor SIP se realizarán los procesos de autenticación del abonado, tarificación de llamada, etc, semejante a una PC conectándose a Internet. Entre las diferentes formas de acceso se encontrarán las tecnologías xDSL, para llevar los servicios de banda ancha al cliente final.

Dondequiera que esté entonces un conector de red, se conectarán teléfonos SIP, al igual que PC y mediante una identificación y autenticación, el cliente tendrá acceso a todos los servicios, tanto de banda estrecha como de banda ancha. Basado en este modelo se aspira a transitar hacia la red de nueva generación (NGN) y el responsable del transporte de servicios hasta las instalaciones del cliente en muchos de los casos serán las tecnologías xDSL.

La tecnología IP se ha impuesto por su economía y escalabilidad, y un sector de los operadores, entre los que se encuentra Francia, ha abandonado la puesta en explotación de nuevas Centrales telefónicas para conformar la estructura de la red de nueva generación.

Nótese la importancia y nivel de aplicación que tiene ADSL y el papel que desempeñará en el futuro, cuando la NGN sea una realidad. Todo parece indicar por el capital que se invierte actualmente y por los esfuerzos que se realizan, que el mundo marcha en esta dirección. Del otro lado, están los que apuestan por ATM en vez de IP, por considerarla una tecnología madura, segura con soluciones probadas que resultan más económicas en estos momentos. Cuba sigue estos últimos pasos para aprovechar las capacidades existentes en el backbone ATM. Como ejemplo tenemos la sustitución del conmutador de la Central Águila I en Ciudad Habana por un conmutador ATM Alcatel 1000 MM E10.

En este Capítulo, en apretada síntesis se ha hecho un recorrido por la familia xDSL destacando sus características, diferencias y posibilidades de aplicación, así como los resultados tecnológicos alcanzados por ADSL en su evolución hacia ADSL²⁺. Se aborda el problema de la selección del backbone nacional de datos, ya que influye en gran medida en la forma en que se realice el despliegue de xDSL. Se expone además, cómo al preparar las condiciones para el tránsito hacia las redes de nueva generación, las tecnologías xDSL jugarán un papel protagónico en el suministro de servicio hacia los clientes.

Capítulo 2. Problemas técnicos asociados al despliegue de xDSL

Con los avances tecnológicos experimentados en los últimos años en las redes de telecomunicaciones y debido a la necesidad de minimizar los cuellos de botella existentes entre las redes de transporte y de acceso, los países que sufren esta transición se enfrentan a problemas de implementación de las nuevas tecnologías sobre su red en particular. ETECSA, no está exenta de estos cambios, y se ve obligada a encontrar las soluciones más racionales a los problemas de planeamiento, ya que pueden ser enfocados desde diferentes puntos de vista y las consecuencias a largo plazo pueden comprometer el desarrollo.

En este Capítulo se abordarán una parte de los aspectos que ETECSA debe resolver con el fin de disponer de una infraestructura para suministrar nuevos servicios de forma creciente. Específicamente se abordarán los problemas relacionados con la tecnología ADSL, el acceso a Internet, la escasez de pares de la planta exterior y la situación actual de la red de videoconferencia.

2.1. Consideraciones para el despliegue de la tecnología ADSL

Existen diferentes factores que intervienen en el proceso de provisión del servicio ADSL. Cada proveedor tiene alternativas y soluciones diferentes.

Dentro del sector de ETECSA, la Unidad de Negocios de Cubadata es la encargada de brindar soporte de transporte de datos a los clientes del sector empresarial y a los ISP, sobre el backbone FR/ATM y X.25/FR. A su vez los ISP se encargan de suministrar servicios a los clientes finales y no cuentan con puntos de presencia para el despliegue del servicio ADSL en la red ATM que administra Cubadata. Para considerar un despliegue de ADSL hay que prever los problemas que se confrontarían para ofrecer el servicio. A continuación se describirán los problemas más importantes haciendo un recorrido desde el extremo del cliente hasta el segmento internacional de donde provienen gran parte de los contenidos.

2.1.1. Direcciones IP

Un cliente normalmente tiene un contrato de servicio con un ISP en el que se definen los tipos de servicio que recibe, anchos de banda mínimo y máximo disponibles, velocidad de enlace y calidad de servicio definida por la razón de información acordada, entre otros. Si se quiere hacer una migración de servicios de la tecnología actual, como enlaces arrendados punto a punto, hacia servicios soportados por ADSL, el primer problema se encuentra en el extremo del cliente, en la configuración de usuario, ya que las PC que utilizan se encuentran en una red local con un servidor, realizando diversas funciones y utilizando un rango de direcciones privadas pertenecientes a una subred determinada. Al suministrar el servicio ADSL a estos clientes, que equivale a hacer una traslación de los mismos hacia el nuevo enlace, hay que analizar cual de estas alternativas es la más recomendable, entre ellas:

1. Asignar un rango de direcciones diferente a la subred del cliente en coordinación con el ISP con el fin de que sean reconocidas y se otorguen los derechos de acceso. Esto implica trastornos, ya que hay que hacer cambios en la configuración del cliente, ocasiona pérdidas de tiempo, molestias y puede causar interrupción en los antiguos servicios que se disfrutaban, ya que las PC realizan múltiples funciones dentro del sector empresarial y no están dedicadas exclusivamente al acceso a Internet.
2. Mantenerle al cliente la misma dirección IP que tiene dentro de su subred. Esta parece ser la solución, pero hay que replicar los servicios que tenía anteriormente al nuevo enlace, para ello el módem ADSL que se instale, debe tener incorporada la función de router y las funcionalidades de que disponía el cliente, como firewall, gateway, etc. Ocasiona eventual pérdida de tiempo y se corre el riesgo de que el servicio replicado no funcione correctamente.

La problemática anterior es consecuencia de la necesaria migración de servicios hacia la nueva tecnología. Una de las posibilidades de la instalación de ADSL en el sector residencial es brindarle el servicio a un cliente nuevo, que tiene dispuesta una PC para acceso a Internet, realizar también transferencia de ficheros y disponer de servicio de www. Este no es el caso del sector Empresarial cuyos objetivos son otros, básicamente el transporte simétrico de datos entre Instituciones, aspecto que se le da solución a partir de las funcionalidades de los routers que tienen incorporado los módems ADSL.

Para la solución al problema de las direcciones IP sin transitar por las dificultades planteadas anteriormente existen al menos dos formas prácticas, una de ellas consiste en la incorporación en la red ATM de un Servidor de Acceso de Banda Ancha (BRAS), el cual tiene incorporado un servicio de traducción de direcciones (NAT), y brinda la posibilidad de que los clientes mantengan las direcciones privadas en su red y éstas se correspondan con direcciones del bloque asignado para ese servicio ADSL en el servidor.

En las condiciones actuales no se dispone de un servidor de acceso de banda ancha (BRAS) en la red ATM para la implementación de servicios ADSL. Se necesita un completamiento del equipamiento para un programa de despliegue de servicios de forma masiva. Este es un punto a considerar en el proceso inversionista, ya que después valorar los inconvenientes que causó su ausencia, se observa la necesidad de adquirirlo ya que se prevé la instalación de 7000 servicios ADSL para este año 2004, como parte del Plan de Modernización y Expansión Financiero de la Empresa (PMEF). Una parte de los servicios a instalar estarán encaminados a recuperar la inversión y se cobrarán en MLC y otra parte se destinará a cubrir las necesidades de conectividad social a instituciones de valor científico – tecnológico, hospitales importantes y centros de investigación. Durante ese tiempo, se harán mediciones de tráfico, estudios de mercado y se mejorarán los métodos de trabajo iniciales para lograr mayor expansión del servicio.

Existen módem ADSL para clientes que disponen de NAT y pueden asignar direcciones para la red pública manteniendo las privadas, pero son más costosos.

La otra solución al problema planteado de que las PC en el sector empresarial tienen actualmente diferentes servicios dedicados con otras instituciones, es utilizar otra tecnología para evacuar el transporte de datos entre dos puntos, como la simétrica G.SHDSL, que se torna interesante, ya que el DSLAM permite la coexistencia de tarjetas ADSL con servicio G.SHDSL. Esto multiplica las capacidades del usuario y las potencialidades del proveedor ya que en este caso se puede ofrecer el servicio de VPN entre instituciones que tengan los mismos intereses, así como extensión de LAN y servicios de voz, con solo colocar un IAD en el extremo del cliente. En la mayoría de los casos se utiliza la tecnología más conveniente para solucionar un problema en específico, y en el caso de servicios de voz, el IAD puede proporcionarse con tecnologías G.SHDSL y ADSL.

Los países que tienen un importante despliegue de DSL, también en sus inicios transitaban por estas dificultades, y han llegado a acuerdos. Por ejemplo: los proveedores de servicio disponen de un rango de direcciones, las cuales se asignan dinámicamente a los clientes al iniciarse el servicio. Con posterioridad, se hacen mediciones de tráfico sobre los clientes para determinar los que tienen mayores tiempos de conexión. A estos se les oferta direcciones IP fijas. Esto simplifica los procesos DHCP, disminuye los tiempos de conexión y simplifica el procesamiento cuando el número de usuarios se incrementa, además de optimizar la utilización de las direcciones IP.

2.1.2. Configuración del módem de usuario.

La configuración del módem de usuario hay que hacerla correctamente. A continuación se resaltan una serie de detalles prácticos de implementación en la configuración de usuario que deben recordarse, como son: [12][54]

- ✚ Sólo los proveedores que usan encapsulación IP con puente o IP encaminada pueden usar direcciones IP estáticas, el resto, utilizará direcciones IP dinámicas;
- ✚ La máscara de subred sólo la utilizarán clientes con dirección IP estática.
- ✚ En cada módem de usuario se pueden configurar hasta 7 circuitos virtuales.
- ✚ El valor predeterminado en el módem del cliente es Tasa de Bits no Especificada (Unspecified Bit Rate, UBR. Valor 0). La Tasa de Bits Constante (CBR) es opcional y sólo se puede usar CBR si existe acuerdo con el proveedor.
- ✚ Se debe habilitar el puente si su proveedor de servicio usa encapsulación IP con puente sobre LLC ó VCMUX (RFC 1483).
- ✚ El IGMP es el estándar de Internet para multidifusión IP o para transmitir un mensaje a muchos destinatarios simultáneamente. Sus opciones son habilitado o deshabilitado; el valor predeterminado es deshabilitado.
- ✚ Para autenticar la conexión a la Internet el protocolo que más se usa es el PPP.
- ✚ El intervalo predeterminado de valores de direcciones IP permite que 12 PC se unan a la subred.

- ✚ La versión más completa de la NAT es la Traducción de Puerto de Direcciones de Red (Network Address Port Translation, NAPT) que reemplaza las direcciones IP privadas de una red con una sola dirección IP pública y muchos módems ADSL ya tienen implementados.

Otro aspecto importante en configuración del módem del cliente, es determinar el tipo de conexión del cliente al DSLAM y a la red ATM (en este caso), ya que puede ser IP, ya que existen al menos 4 tipos de conexiones que equivalen a la utilización de un protocolo específico y éste debe ser consistente a lo largo de la cadena desde el cliente hasta el ISP en función del tipo de servicio a brindar. Estos datos se obtienen revisando el Contrato de Servicio con la Empresa y confirmando mediante encuestas al cliente sobre los servicios de que dispone y quiere mantener o cual quiere incrementar. Para entenderlo con un ejemplo: Las conexiones “Bridge” se utilizan cuando se implementan VPN entidades que tienen intereses comunes dentro del enlace ADSL. Cuando el acceso a Internet se realiza dentro de un entorno corporativo se utiliza PPP, las otras variantes son: PPP sobre ATM e IP routing. En el caso de las pruebas de campo se utilizó esta última variante.[12]

En caso de solicitar otros servicios aparte de Internet, como es VPN o en el caso de que utilicen servicios de voz mediante IAD's, hay que definir clases de servicio que deben ser configuradas en el DSLAM, en los conmutadores de la red ATM y en el proveedor de servicios, que implica definir diferentes PVC, uno para los servicios de razón de bits constante (CBR) como la voz y otro para los de razón de bits variables (VBR) como los datos, con el objetivo de priorizar la voz respecto a los datos. La voz podrá viajar en AAL2 mientras los datos en AAL5 en la red ATM. También se deben definir el VCI y el VPI (identificadores de canal y ruta virtual) para cada servicio. Diferentes PVC serán configurados con la clase de servicio que le corresponde. Los módems de usuario soportan hasta 7 VPI. Lo descrito anteriormente implica que hay que definir correctamente la tabla de VPI – VCI por cada servicio y por cada cliente para toda la red y distribuirla tanto al que proporciona soporte (Cubadata en ETECSA) como al proveedor de servicios (ENET, u otro ISP de los que existen actualmente).

2.1.3. Interfaz con la red de datos.

Continuando la cadena desde el cliente hasta el proveedor de servicios y una vez solucionada la conectividad entre el cliente y el DSLAM, conviene saber que tipo de enlace se utilizará entre el DSLAM y la red de datos, y depende de la conectividad que exista. La importancia radica en que el despliegue de una red DSL está estrechamente ligada a la definición del backbone y esto tiene repercusión en la compra del equipamiento, ya que algunos DSLAM se fabrican exclusivamente con interfaces Ethernet, por ejemplo Zyzel IS3000, ó IS 2000, (que fueron valorados a fin de someterlos a prueba, aunque finalmente no clasificaron)² y otros, permiten ser utilizados en backbone con interfaces IP ó ATM con solo intercambiar la tarjeta interfaz de red, como los de Huawei. El desconocimiento de este aspecto puede llevar a errores en la selección del equipamiento y este tema tiene implicaciones en el despliegue y desarrollo futuro de los servicios, especialmente, en la escalabilidad de la red.

En el caso de Cuba, aunque no hay una definición clara de qué tipo será el backbone de datos a utilizar, si será IP, ATM MPLS o una variante de MPLS con ATM, todo parece indicar que por la fuerte penetración de la tecnología Alcatel en la red de Cuba, tanto en la Conmutación como en la Transmisión, resulta de interés explotar las capacidades del backbone ATM. En el caso de la tecnología DSL, justamente Alcatel es uno de los líderes mundiales en su desarrollo e investigación, se seguirán sus pasos y seguiremos por la variante ATM, de modo que en la selección de la interfaz debe decidirse por conexiones:

- E1 ATM, con enlaces independientes: Se utiliza cuando es reducido el número de abonados en un área determinada. Es una forma sencilla de ingresar los flujos E1 directamente o a través de una red metropolitana SDH, a la red ATM. El DSLAM puede tener interfaz E1 con conector RJ45, y el cable de unión tener incorporado un balun para convertir impedancias y terminar en coaxial asimétrico de 75 ohm con conector BNC. Tiene el defecto de que los enlaces no están protegidos y en caso de fallas en la interfaz se pierde la conexión.

² Ver 3.4 Alternativas de equipamiento.

- ✚ E1 IMA ATM: Multiplexación inversa ATM, donde varios caminos físicos se unen en un solo enlace lógico. Tiene la ventaja de que se puede evacuar tráfico en la medida de las necesidades, sin recurrir a enlaces de gran capacidad E3 (34 Mbps), STM-1 (155 Mbps) o superiores y en caso de interrupción de uno o más enlaces el tráfico se evacua por los restantes, aunque a más baja velocidad. Tiene la dificultad de que la configuración de la interfaz se torna a veces complicada por la definición de los canales de servicio y de respaldo, de la señalización, etc, toma más tiempo y debe comprobar su correcto funcionamiento. Hay que dimensionar adecuadamente el IMUX para satisfacer los parámetros de calidad de servicio, ya que para no perder el sincronismo e informar el estado de los enlaces es necesario añadir celdas de control, y esta carga adicional hay que tenerla en cuenta al dimensionar para poder ofrecer la calidad de servicio contratada para cada conexión lógica ATM.
- ✚ E3 ATM (34 Mbps) Interfaz utilizada cuando el volumen de tráfico es elevado.
- ✚ STM1 (155 Mbps): Interfaz normalizada de alta velocidad con que cuentan la mayoría de los equipos de acceso y de transporte con el objetivo de simplificar la interconexión.

En Cuba, no se dispone de una red IP que soporte servicios ADSL de forma satisfactoria. La red IP existente se sustenta sobre los soportes de Cubadata y en estos momentos no brinda niveles de calidad de servicio ni dispone de interfaces para usuarios a alta velocidad. Para fortalecerla hay que hacer inversiones, y por ahora no hay evidencias de ello. Sin embargo hay un backbone ATM con niveles de utilización de ancho de banda de alrededor de un 5 %. Esta posibilidad hay que aprovecharla, y ganará más importancia en la medida en que se complete el proceso de digitalización de las Centrales telefónicas del país, que en estos momentos (Febrero 2004) se encuentra a un 80 %, cuando se termine el proceso de tendido del backbone de fibra óptica nacional (se han instalado más de 1000 km), y se cierran los anillos de fibra, lo cual se espera que ocurra entre el 2005 y 2006, unidos al desarrollo de la conectividad internacional, que como solución emergente se ha encontrado el incremento de portadoras satelitales hasta tanto se llegue a un acuerdo para la conexión de Cuba a alguno de los numerosos cables ópticos submarinos que la rodean. [14].

El próximo paso es la salida de la red de datos y su conexión con el proveedor de servicios. Esta puede ser de múltiples formas, pero cada una de las posibilidades está relacionada con el primer aspecto del plan de direccionamiento IP que tratamos inicialmente. Veamos solo dos ejemplos:

- ✚ A través de una interfaz ATM/FR: Significa que los datos viajan a través de la red ATM hasta su interfaz de salida y son convertidos a tramas FR en el punto de conexión con el proveedor de servicios. Esta es una forma simple, de hecho existen enlaces de Infocom, que disponen de este método de enlace contra Cubadata, pero tiene el inconveniente de que el grado de calidad de servicio que proporciona la red ATM y el enlace digital hasta el abonado se pierde en este punto, o al revés, la calidad de servicio que va a garantizar la red ATM hacia el usuario será la que ofrezca FR en su interfaz. Pero este punto no es crítico, si se tiene en cuenta que por lo general los enlaces entre el ISP y la red ATM se realizan a través de un enlace de fibra, y esto supone una probabilidad de error muy baja, del orden del 10^{-12} , de modo que si no hay congestión en el enlace, no deben haber tramas marcadas para ser descartadas, y la calidad de servicio no debe sufrir mucho deterioro. Es una alternativa posible, sin riesgos. Permite que los clientes con viejos servicios se les suministre ADSL manteniendo las mismas direcciones IP y replicando los servicios sobre el nuevo enlace.
- ✚ A través de una interfaz Ethernet: La plataforma multiservicio ATM tiene interfaces Ethernet a través de las cuales puede entregar tramas al router ubicado en el proveedor de servicio. No permite mantener las direcciones IP antiguas, y requiere la asignación de un bloque de direcciones específicas.

El último eslabón de la cadena es el proveedor de servicio. En el caso del acceso a Internet hay que considerar los anchos de banda disponibles a ofrecer en función de la cantidad de clientes ADSL que se estén planeando, considerar en los cálculos los pronósticos de crecimiento y relacionarlos con las mediciones de tráfico para entregar verdaderamente servicios de banda ancha. Para ello, en la tabla de configuración de la red, deben definirse los anchos de banda máximos y mínimos por cliente y por servicio, y en nivel de calidad de servicio que va a recibir.

2.1.4. Ampliación de capacidades en los racks.

Otro de los problemas en que hay que pensar es ampliar las capacidades de facilidades de conexión en el interior de las instalaciones de ETECSA, en los racks y paneles de distribuidores digitales (Digital Distribution Frame: DDF) que constituyen las fronteras entre la red SDH, el CMT y los conmutadores ATM. Cuando se va a instalar servicio ADSL en el área correspondiente a una URA, se coloca el DSLAM dentro del local, pero la salida de datos del mismo hay que conectarla a un conmutador ATM, que normalmente se encuentra en uno de los puntos de presencia de la red Cubadata, ubicado en una Central principal, por ejemplo: En el caso de la pruebas de campo, el local escogido en Ciudad Habana es la URA de Inmigración, ubicada en 3ra y 22, Playa, y el conmutador ATM se encuentra en el nodo de transmisión de datos, ubicado en la Central de Buenavista, distante unos 5 km, por lo que los flujos E1 han de enlazarse a través de la red SDH entre estos puntos, pero debe disponerse de puntos de conexión vacíos en los DDF de la Central Principal. Las capacidades deben ampliarse en dependencia del cálculo de expansión en un tiempo determinado, ya que normalmente esta capacidad ha sido calculada para las conexiones de flujos existentes entre las Centrales de Conmutación con la Red SDH exclusivamente, y el acondicionamiento requiere de fuerza de trabajo, cables coaxiales para la conexión, regletas, conectores e instrumentos de comprobación de la conexión.

2.1.5. Tarifas

En el país se comenzó a brindar en el año 2002 el servicio RDSI acceso básico a clientes que pagan en MLC. Esto fue un paso de avance en aquellos momentos. No obstante, se ha comprobado que xDSL tiene mejores prestaciones, es una tecnología madura y probada, que ha mantenido a nivel mundial un ritmo de crecimiento ascendente, y aunque ahora no puede hablarse de alta velocidad de conexión con ADSL a Internet porque no están las condiciones presentes, se gana en que la conexión es permanente, no se congestionan centrales con sesiones de navegación por Internet, no hace falta discar al estar siempre conectado y se garantiza seguridad porque el medio no es compartido. Por estas razones, las tarifas deben ser competitivas y no deben desestimular la instalación del servicio RDSI.

Los países que han realizado el tránsito de redes de banda estrecha a redes de banda ancha han aplicado tarifa plana para una velocidad de conexión determinada. Nuestro país no tiene por qué ser diferente en cuanto a la aplicación de la tarifa plana, y esto supone un cambio de concepción, ya que las telecomunicaciones históricamente se han facturado por tiempo de conexión, por kilobytes de información transmitidos o por distancias. Pero cuando se disponen de comunicaciones de banda ancha se borran las fronteras de la distancia, del volumen de información y del tiempo de conexión. Los patrones de medición son otros, por ejemplo, disponibilidad en la conexión, para garantizar que se esté siempre conectado, y con la garantía de la calidad de servicio acordada. La diferenciación debe estar en los acuerdos de velocidad de conexión, ya que actualmente las facilidades son escasas, el ancho de banda internacional está comprometido y la mayor cantidad de contenidos se encuentra en servidores fuera del país, sin contar que existen convenios internacionales entre operadores que incluye el pago por el acceso a obtener información en sus servidores, tal y como sucede con una llamada telefónica internacional.

2.1.6. Gestión de servicios.

Los procesos de gestión del servicio tienen un peso extraordinario en las decisiones de compra del equipamiento, ya que una adecuada elección garantizará la excelencia en el servicio o puede llevar a un deterioro a corto plazo. Aunque se hacen esfuerzos para mejorar los sistemas de gestión y alcanzar una arquitectura TMN, aún falta mucho por recorrer en ese sentido y las plataformas que se ofertan en el mundo en su mayoría son independientes o no son compatibles totalmente con el sistema de red de transporte empleado.

La gestión puede ser dentro de banda o fuera de ella. Los sistemas que tienen gestión dentro de banda son menos caros pero corren el riesgo de fallar junto con la red. Los que tienen gestión fuera de banda son más costosos entre otras cosas porque requieren de un enlace independiente, por lo general con interfaz STM-1. Como se comprenderá, este precio es poco probable que se pueda pagar, sobre todo en los inicios del despliegue de servicios, donde se torna inseguro el rumbo futuro y la aceptación del mismo, así como la escalabilidad que puedan tener. Es por eso que algunas administraciones prescinden de la gestión cuando el número de abonados es pequeño, y esto constituye a menudo una causa frecuente de degradación del servicio, de pérdidas de clientes y de gastos de

mantenimiento de la red, que se incrementan exponencialmente en la medida en que crezcan las instalaciones.

La gestión de la red comprende todos los segmentos en que interviene una conexión física y lógica entre los puntos finales de comunicación e interviene la supervisión de los módems del cliente, estado del enlace digital, DSLAM, red ATM/IP y proveedor del servicio. En este punto hay que establecer procedimientos organizativos para definir los responsables por tramos de red, y las relaciones de trabajo horizontales entre los implicados, ya que normalmente la red ATM se gestiona independiente de la gestión de los DSLAM, excepto en el caso de fabricantes que integren la gestión con alguna plataforma multiservicio de red de transporte, como es el caso de la gestión ADSL de Alcatel, por poner un ejemplo. De otro modo, si se asigna la gestión al personal de Cubadata, por referirnos a nuestro entorno, requiere de incremento de fuerza de trabajo especializada dedicada a este fin. [11]

La red ATM con que cuenta ETECSA tiene su propia gestión, consolidada y madura. La gestión del DSLAM puede hacerse mediante conexiones Telnet y comandos de forma remota a través de Internet, o por medio de una Consola de Gestión, en el caso de la tecnología de Huawei, denominada iManager 2000, que se vende de forma opcional con el equipamiento.

La gestión del servicio es al final IP y ha de hacerse de forma independiente por el proveedor de servicios. Aquí saltan a la vista los defectos del esquema ATM en la red. Servicios IP en la capa de red y red ATM en la capa de enlace, requieren redes de gestión diferentes.

La coordinación entre las entidades involucradas dentro de la Empresa de los procesos de provisión de servicios, de reparación de averías y del personal de operación y mantenimiento debe ser precisa para evitar degradación del servicio. Existen numerosos trabajos de redes relacionados con los procesos de gestión en la red de ETECSA y los Centros de Gestión [6][11]

2.1.7. Calificación de las líneas DSL.

Los módems xDSL son sensibles a las características de las líneas, constituyendo esto una de sus principales limitantes. Cuando la calidad se deteriora, las distancias se ven afectadas, y en nuestro país es un problema a considerar ya que la infraestructura de cobre existente tiene alto grado de deterioro. A partir de la creación de ETECSA se destinaron recursos importantes para la reparación de la planta externa y en estos 10 años se ha conseguido frenar en parte este deterioro. Pero continúa la falta de normalización de la planta externa, no hay comprobaciones de coincidencia de los pares que salen de la Central y llegan a su destino, existen insuficiencias en la reparación de pares vacíos interrumpidos, los cables existentes se han reparado en ocasiones con cables de diferente calibre, las corazas de cables no tienen en todos los casos los niveles de presurización necesarios, por solo mencionar algunos factores. Es necesario tener en cuenta estos elementos ya que las transmisiones xDSL tienen enemigos que hay que eliminar antes de la instalación, como los cambios de calibre del par en su recorrido, las bobinas de carga y las derivaciones, que no deben ser más de dos y con longitud máxima de 400 m. Estos son requerimientos mínimos. También se requiere de instrumentos de medición especializados, métodos de trabajos diferentes, y sobre todo un proceso de normalización sobre la planta externa.

La Tabla 1 se refiere las distancias que se alcanzan con pares que cumplen satisfactoriamente los parámetros de calificación para líneas donde operan sistemas HDSL sin repetidores, y hasta con dos repetidores.

Para que se alcance la velocidad acordada para estas distancias, es preciso que el par de cobre seleccionado haya sobrepasado las pruebas selección, ya que de todos los pares disponibles, no todos serán útiles para el servicio DSL. La Figura 2.1 muestra un ejemplo de procedimiento a emplear para calificar líneas DSL. [24]

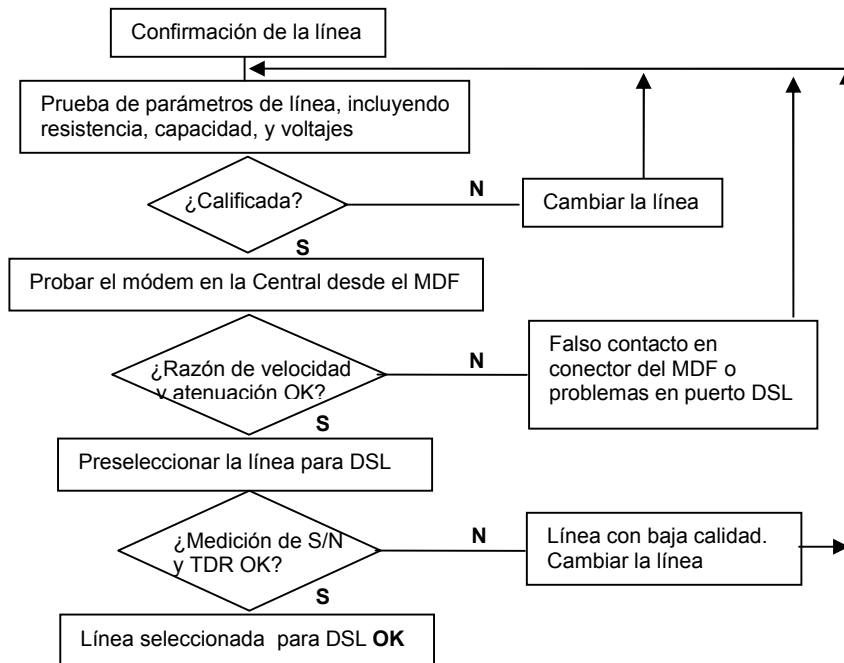


Figura 2.1 Procedimiento para calificación de líneas DSL

Los detalles de los aspectos relacionados con las mediciones pueden estudiarse en [48][25] Este proceso puede hacerse más complicado o más sencillo en dependencia de las condiciones creadas en la planta externa. Actualmente existen instrumentos de medición muy compactos para medir líneas independientes, como el SLT-12 y STL-21, Figura 2.3, empleados durante la prueba de campo o instrumentos de calificación masiva de líneas como el Par Q de RIT Technologies, Figura 2.2, con el cual se pueden detectar las incongruencias que se observan en la Figura 2.4



Figura 2.3 SLT 12- STL 21



Figura 2.2 Par Q.

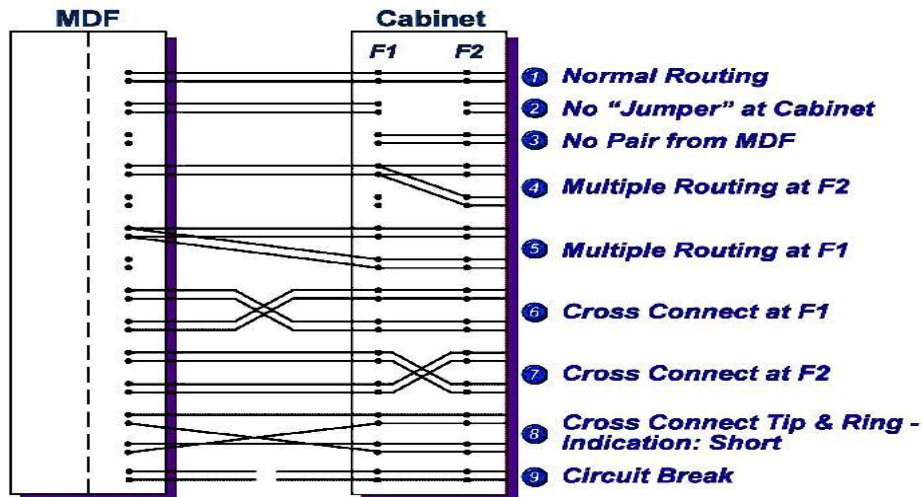


Figura 2.4 Incongruencias a detectar en el proceso de calificación de líneas

A inicios del 2004 comenzó un proceso de estandarización de la planta externa para el servicio de banda estrecha con la introducción de un escáner de red denominado "Par View", que realiza 13 tipos de pruebas eléctricas a los pares de cobre, permitiendo calificar 1000 pares en 8 horas de trabajo, en dependencia de la cantidad. Esto permite recuperar entre 5 y 15 % de los pares existentes.

Para que el enlace funcione correctamente, no basta con la prueba de líneas. Es necesario realizar comprobaciones de extremo a extremo para comprobar la interoperabilidad en el funcionamiento de todos los elementos de red que participan en la entrega de servicios. Figura 2.5. En estas pruebas no se debe estimar la velocidad, sino medirla mediante emuladores de módems en ambos extremos. [1]



Figura 2.5 Comprobación del enlace DSL

2.1.8. Comercialización de servicios.

La comercialización de los servicios constituye un motor para el despliegue de servicios DSL. Resulta necesario identificar los clientes potenciales, ya que en las actuales condiciones resulta imposible desarrollar primero una red y luego sentarse a esperar que aparezcan los clientes. El determinar la ubicación de aquellos clientes potenciales a los que intentaremos ganar, podrá optimizar mucho las inversiones a través del desarrollo inicial de los sistemas en aquellas centrales en las que estos se encuentran.

Este aspecto está muy relacionado con las pruebas de factibilidad del enlace DSL, ya que al conocer las velocidades en función de la distancia se puede elaborar un mapa de la planta externa del área objeto de medición con la identificación del desempeño por zonas y entregarlo a la entidad que comercializa los servicios, con el fin de informar al cliente antes del contrato las opciones de pago de que dispone en función de la velocidad en dependencia del sector donde se encuentre. Esto ahorra tiempo, maximiza recursos y permite un despliegue más rápido de los servicios.

2.2. Aspectos relacionados con el Acceso a Internet.

Cuando pensamos en aprovechar la infraestructura de cobre que disponemos con el fin de proporcionar servicios de valor agregado de un modo económico gracias a las tecnologías xDSL, enseguida nos surge la pregunta: ¿Qué servicios se van a ofrecer? ¿Se generan estos contenidos en el entorno nacional?, ¿Cómo son las conexiones con las redes que lo proporcionen? La respuesta a estas preguntas está en el caso de nuestro país vinculada con la salida internacional con que cuenta la Isla de Cuba, ya que la única puerta al mundo de que se dispone actualmente es el satélite, y no se cuenta con conexión mediante fibra óptica submarina. Las criticidades en términos de anchos de banda con el segmento internacional han llevado a la creación de mecanismos para optimizar los volúmenes de salida y entrada de tráfico, como es la creación del NAP o (Punto de Acceso a la Red), que constituye la frontera entre los ISP y el acceso satelital, de modo que las soluciones para el despliegue de ADSL deben ser muy bien calculadas para minimizar el cuello que existe en el segmento internacional. Para demostrar el problema de la congestión, las 3 gráficas siguientes son mediciones de tráfico a la salida de un ISP, en este caso ENET hacia el segmento internacional, tomándose la última actualización el martes 13 de enero del 2004 a las 11:47 am.

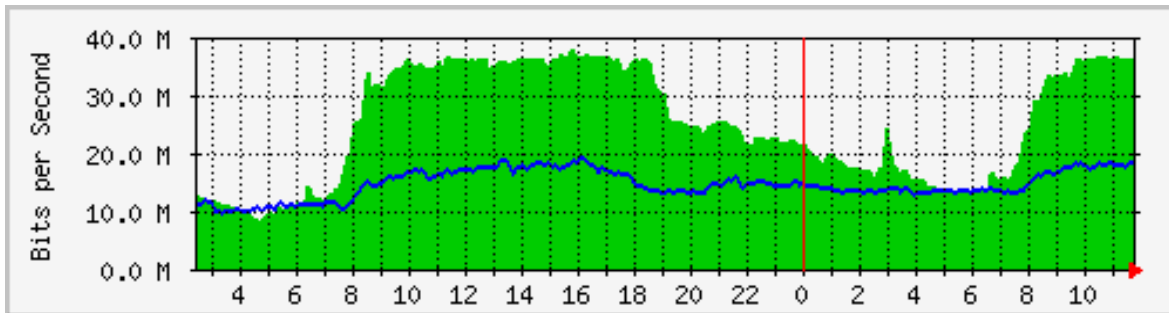


Figura 2.6 MRTG por horas (promedio en 5 min)³

Max In: 38.2 Mb/s (38.2%)	Average In: 25.2 Mb/s (25.2%)	Current In: 36.7 Mb/s (36.7%)
Max Out: 19.5 Mb/s (19.5%)	Average Out: 14.9 Mb/s (14.9%)	Current Out: 17.8 Mb/s (17.8%)

La Figura 2.6 ilustra el comportamiento del tráfico del lunes 12 de enero y del martes 13 hasta las 11:47 am. Cada punto de medición representa el promedio de tráfico cursado en 5 min. Observe los altos valores promedio de tráfico. Considere que los picos de tráfico quedan suavizados con el promedio. Mientras más corto sea el intervalo de muestreo, mejor se visualizarían los picos.

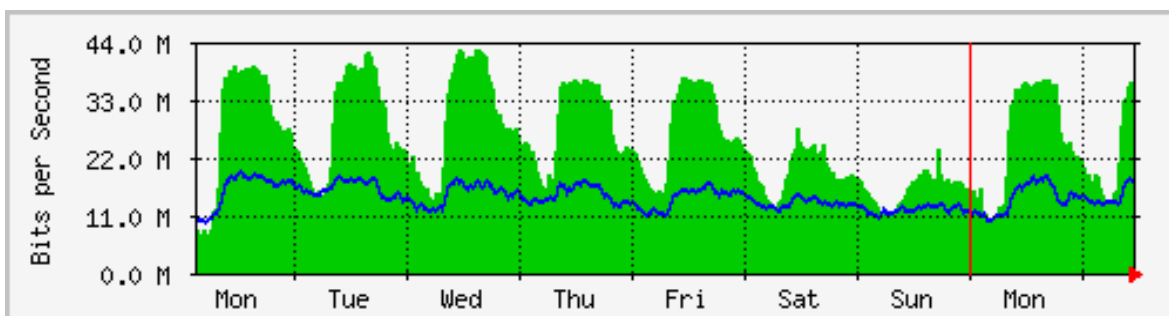
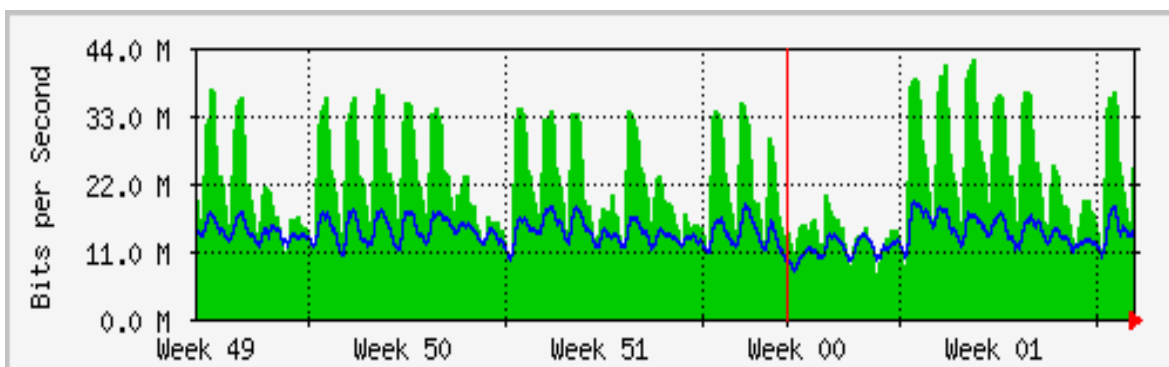


Figura 2.7 MRTG diario (promedio en 30 min)

Max In: 43.1 Mb/s (43.1%)	Average In: 25.3 Mb/s (25.3%)	Current In: 36.8 Mb/s (36.8%)
Max Out: 19.4 Mb/s (19.4%)	Average Out: 14.7 Mb/s (14.7%)	Current Out: 18.4 Mb/s (18.4%)

Figura 2.8 MRTG semanal (promedio en 2 horas)



³ Fuente: Datos del MRTG de ENET hacia el NAP. ETECSA.

Max In:	42.3 Mb/s (42.3%)	Average In:	21.8 Mb/s (21.8%)	Current In:	24.8 Mb/s (24.8%)
Max Out:	19.0 Mb/s (19.0%)	Average Out:	14.1 Mb/s (14.1%)	Current Out:	15.2 Mb/s (15.2%)

La Figura 2.7 muestra los valores para cada día de la semana anterior, lunes y parte del martes. Observe que el promedio de esta medición es cada 30 min. Al tomar mediciones tan espaciadas en tiempo los picos se atenúan aún más, no obstante cada día hubo ráfagas de tráfico que mantuvieron altos niveles durante las horas activas del día. Compare con la y vea que no hay diferencias muy significativas entre el horario diurno y nocturno.

La Figura 2.8 muestra los promedios semanales tomados aún más espaciados, cada dos horas. Las tablas debajo del gráfico dan cuenta de los valores mínimos y máximos alcanzados por el tráfico.

Actualmente el acceso a Internet es de forma conmutada a través de Centrales Telefónicas con un grupo de números dedicados a este fin para que se realice el acceso. Hasta ahora esta forma de conexión ha sido la única disponible para usuarios residenciales.

La criticidad de estos problemas han llevado al Órgano Regulador del Ministerio de la Informática y las Comunicaciones a tomar medidas estrictas para controlar los accesos, mediante la Resolución No. 180 /2003, publicada en la Gaceta Oficial el 31 de Diciembre del 2003, con el objetivo de regular el acceso conmutado al servicio de navegación por Internet, adoptando las medidas que contribuyan a proporcionar protección contra la sustracción de contraseñas, degradaciones intencionales, uso fraudulento de este servicio.[33]

Previendo el despliegue de servicios a instalar en el año 2004, se ha escogido como solución emergente hasta la llegada de la fibra óptica submarina, incrementar los accesos de satélite. Una vez hechas estas inversiones y utilizando ADSL como alternativa, los usuarios de Internet podrán incrementarse.

El plan de conectividad de carácter social se verá reforzado con el empleo de la tecnología DSL. En el entorno nacional ya se generan contenidos de gran interés, ya se publican en Internet 128 sitios Web, 50 de ellos corresponden a museos, 18 a medios informativos nacionales, 30 a radiodifusión, 10 de video bajo demanda y otros dedicados a comercio electrónico, relacionados con la venta de libros y reproducciones artísticas.

El uso de Internet permitirá mejorar el intercambio de mensajería y de información a menos costo que si se tiene que reproducir, los procesos editoriales serán más dinámicos y hay un empeño en que llegue a todos los rincones del país.

Como consecuencia de este incremento de la conectividad se aspira a expandir los servicios a una mayor cantidad de usuarios y disminuir los costos.

El escaso ancho de banda en el punto de acceso a la red internacional obliga a configurar completamente la cadena entre el cliente, todos los segmentos de red en el tramo nacional y la salida internacional, y no basta con tener resueltos todos los problemas de conexión entre el abonado y el DSLAM, como podría suponerse, por lo que debe existir una correspondencia entre el ancho de banda dedicado al acceso y el crecimiento de clientes que se produce en cada momento, con el fin de configurar los enlaces asimétricamente y así hacer uso óptimo de las portadoras del satélite, ya que su alquiler tiene un alto costo mensual.

2.3. Problemas relacionados con la congestión y el “ocupado”.

Los dos problemas que se tratarán están estrechamente ligados con el descrito anteriormente. Los internautas deben navegar a través de varias Centrales Telefónicas ocupando la línea telefónica, enlaces troncales, y órganos de conmutación en las mismas hasta alcanzar las Centrales que están preparadas para este acceso; de esta forma se contribuye al incremento de la congestión de la red de Telecomunicaciones y del estado de ocupado cuando se disca hacia el abonado que en esos momentos está conectado.

Observando las estadísticas del comportamiento del “ocupado” en Centrales Digitales de Ciudad Habana y del Resto del país, Figura 2.9, éste constituyó hasta el mes de Febrero del 2003, el 34.0 % de llamadas ineficaces y la congestión el 3.0 %. Este comportamiento ha sufrido incrementos ligeros según estudios realizados por el Departamento Nacional de Tráfico de ETECSA desde el año 2001.

Aunque la congestión se debe fundamentalmente al adimensionamiento de los enlaces Intercentrales, y el ocupado, a la retención de los órganos de conmutación por el abonado, un porciento de ese valor corresponda al producido por el acceso a Internet y esto conspira contra el alcance del plan de completamiento de llamadas, que es el Indicador fundamental que estimula el crecimiento de la Empresa en el sector de la Telefonía.

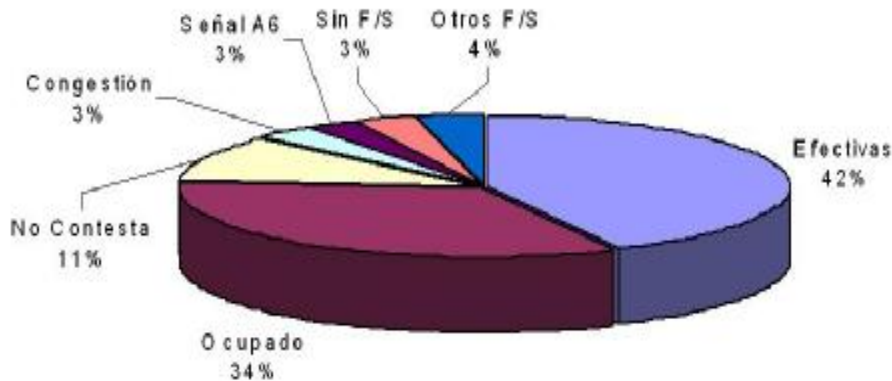


Figura 2.9 Distribución porcentual de los fines de selección⁴

Estos estudios de Tráfico permiten determinar en cuales Centrales hay más congestión u ocupado por este motivo para determinar dónde es necesario priorizar la introducción de ADSL como alternativa para disminuir el “ocupado” en las Centrales Telefónicas, con el objetivo de descongestionar la red telefónica del tráfico de datos, ya que se tiene un backbone de datos subutilizado. Llevar esto a la práctica contribuye a optimizar la utilización de la infraestructura de cobre existente y por instalar. He aquí como ADSL viene a resolver nuevamente uno de los problemas que afectan la calidad del servicio telefónico que se ofrece.

2.4. Estado actual de la red de videoconferencia de ETECSA.

Como parte de la cartera de nuevos servicios de la Unidad de Negocios de Clientes para el año 2003, se incorporó el servicio de Videoconferencias, habilitando salones en las instalaciones destinadas para este fin en cada territorio del país, denominadas “Telepuntos”, en el cual se ofrecen ventas de diversos productos y servicios, como aparatos teléfonos, tarjetas prepagadas, identificadores de llamadas, equipos de fax, acceso conmutado a Internet, y servicio de videoconferencia, entre otros.[13]

Las motivaciones fueron la ausencia de una red nacional para el servicio de videoconferencia y mejorar el tradicional sistema para teleconferencias que se utiliza. Con esto se minimizan gastos de transportación, tiempo, permite efectuar reuniones de forma dinámica e intercambio en tiempo real de imágenes. Se describirá la arquitectura del sistema en funcionamiento, posibles desventajas, y en el Capítulo 3 se propone una solución a esta arquitectura mediante el uso de las tecnologías xDSL.

⁴ Fuente: Datos de Departamento Nacional de Tráfico. UNR. ETECSA. Febrero 2003.

La red se puso en explotación aprovechando en un principio las capacidades RDSI existentes en la red. Para dar servicio a aquellos territorios donde no había estas capacidades se diseñó una red IP aprovechando los puntos de presencia de los nodos de transmisión de datos.

En la Figura 2.10 debe observarse la interconexión de las dos redes. En las partes superior e inferior, se ubican los Telepuntos de cada Gerencia. Cuando se van a comunicar más de dos puntos, se necesita una unidad de control multipunto (MCU), que combina las señales de audio y video, además de controlar la señalización para interconectar terminales RDSI e IP. Para ello dispone de 4 flujos E1 (2,048 Mbps) entre la Central Telefónica y el MCU. [13]

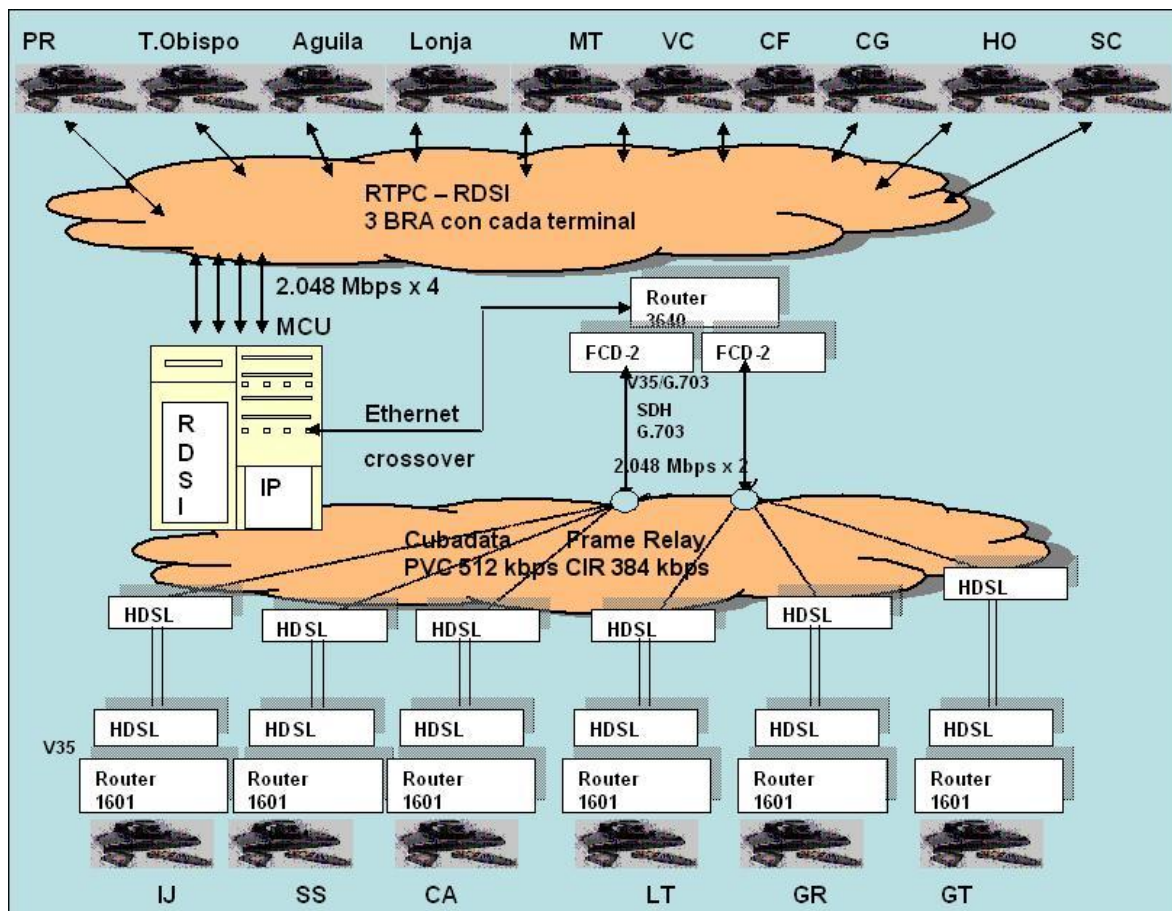


Figura 2.10 Arquitectura de la Red de Videoconferencia Nacional. [13]

En el caso de los territorios que no disponen de capacidades en sus centrales RDSI ha habido que alcanzarlos mediante la red de paquetes, en este caso la red de Cubadata, a través de enlaces IP/FR. El MCU tiene una tarjeta de red enlazada a un router mediante cable crossover. La interfaz de salida V.35 del router se transforma a G.703 mediante un convertidor FCD-2. Dos flujos E1 transitan sobre la red SDH hasta un nodo de transmisión de datos de Ciudad Habana, donde se configuraron 6 PVC, uno para cada territorio. Cada PVC dispone de un ancho de banda de 512 kbs con un CIR de 384 kbps. Cada enlace de 2.048 Mbps permite hasta 4 comunicaciones IP a 512 kbps. La salida FR de la puerta del Nodo de Transmisión de Datos se conecta a un módem HDSL para alcanzar las instalaciones donde se encuentra el Telepunto. La conexión FR termina en el router, que mediante cable crossover se enlaza con el Terminal de Videoconferencia. [13]

El terminal a través de un IMUX une a los 3 NT correspondientes a 3 líneas de acceso básico de 128 kbps, para obtener el ancho de banda de 384 kbps, necesarios para una videoconferencia de calidad. Figura 2.11.

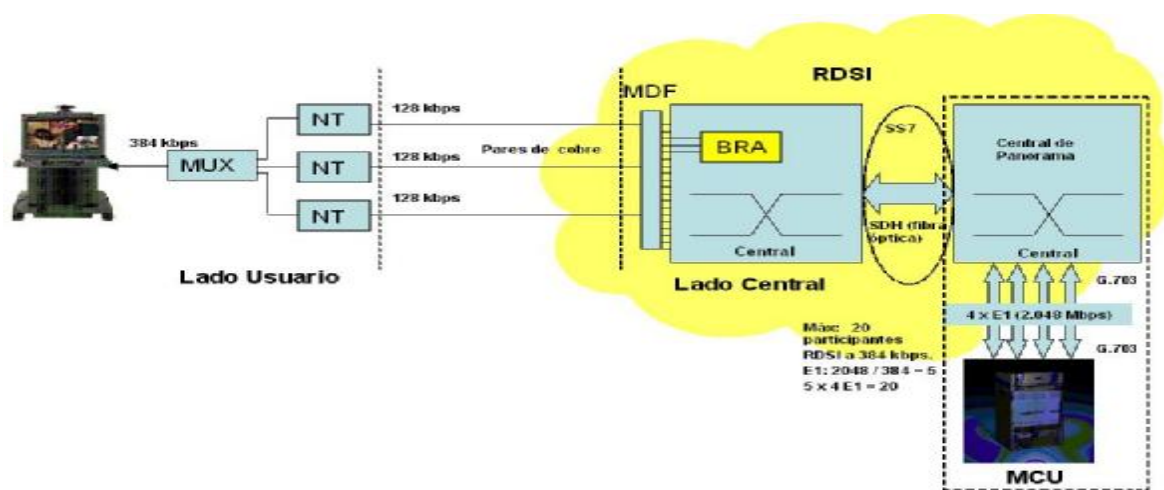


Figura 2.11 Red RDSI de videoconferencia en ETECSA[13]

En el extremo de la Central, se encuentra una tarjeta de línea que simula el comportamiento de los NT. Mediante señalización 7 se enlazan las centrales entre sí y con el MCU.

Existen problemas de señalización no resueltos en la red, debido a esto es necesario reservar canales de larga distancia para este fin, constituyendo esto una fuente de pérdidas económicas, ya que el procedimiento normal es que la agrupación de canales

para lograr el ancho de banda necesario se realice durante el discado y los mismos se liberen al finalizar la conferencia. Por lo polémico del tema no abundaremos en detalles, aunque una causa probable se refiere a la actualización de software en las Centrales de conmutación por las que transita la llamada.

Estos problemas de canales dedicados influyen en la escalabilidad de puntos en la red, ya que crecer en puntos de presencia, implica dedicar 6 canales dentro de un flujo de 2.048 Mbps por cada sitio, y esto es insostenible.

Otra dificultad consiste en seccionalizar correctamente interrupciones provocadas a estas líneas RDSI y priorizar su reparación, ya que deben efectuarse mediciones no convencionales, garantizar un B.E.R $< 10^{-3}$, con instrumentos apropiados.

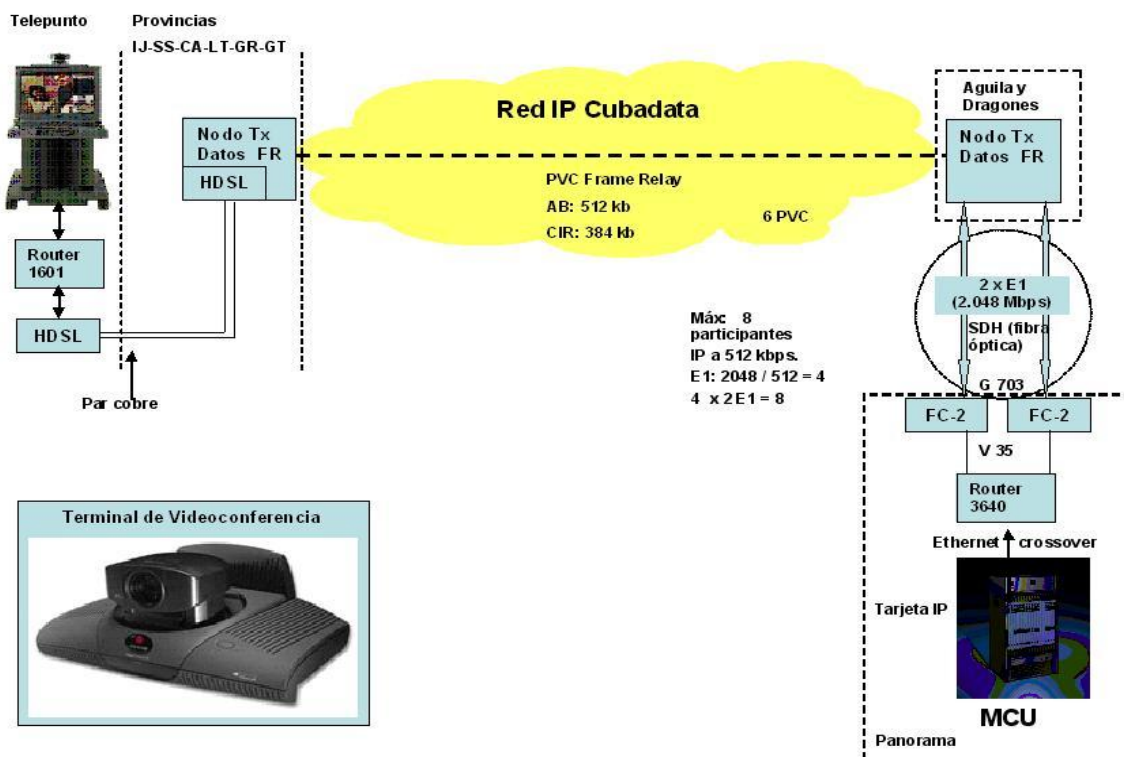


Figura 2.12 Detalles de una conexión en la Red IP y Fotos de: Terminal y MCU.[13]

La Figura 2.12 detalla las conexiones IP y que fueron explicadas anteriormente. El diseño de esta estructura se debió a la necesidad de dar servicio aprovechando las capacidades existentes en la red, con la presencia del MCU con configuración reducida y con inversiones mínimas (solo en equipos terminales), que fueron sometidos a una evaluación rigurosa. Con estas premisas, no se podía aprovechar la red IP de ETECSA, porque no

cuenta con ancho de banda suficiente para soportar videoconferencias de calidad, ya que se requiere 768 kbps en IP para dar servicio satisfactorio. Las puertas FR disponibles son de 512 kbps. Tampoco se disponen de interfaces ATM para utilizar el backbone ATM en este momento. Esto conlleva a efectuar videoconferencias IP con anchos de banda por debajo de lo requerido, y aunque es aceptable por el tipo de conferencias, ya que se realizan con personas sentadas, poco movimiento en el local, no puede considerarse satisfactorio cuando hay movimientos bruscos porque aumentan los retardos y la imagen parece congelada. En el caso de la Isla de la Juventud, se ve afectada adicionalmente por los microcortes del sistema de microonda digital, y esto depende en cierto modo de las condiciones climáticas.

Hay diversas limitantes con esta arquitectura del sistema de videoconferencias:

- ✚ Baja escalabilidad, porque depende de PVC dedicados con cada cliente, que incluye puertas en el router al cual está conectado el MCU, dedicar y dimensionar enlaces E1 en función de la cantidad de usuarios, utilizar dos pares de cobre con calidad para soportar servicios DSL para instalar los módems HDSL, utilizar convertidores adicionales si no se disponen de interfaces adecuadas, y otros accesorios.
- ✚ La propia tecnología FR limita los parámetros de calidad, ya que no dispone de mecanismos de control de flujo ni de control de congestión. Los controles se efectúan a través de mensajes del nodo a los terminales para que paren o continúen la transmisión.

Hay detalles que no son imputables a la tecnología, sino al factor económico que determinó la compra del equipamiento. En estos momentos no se dispone de Gatekeeper (GK) para poder interconectar ambas redes automáticamente, es decir, para que un terminal IP pueda llamar a uno RDSI, debe de almacenarse en el GK una tabla con las direcciones IP y números de teléfonos de todos los terminales de ambas redes. Cuando se produce la llamada, el GK hace la correspondencia e indica al GW que actúe de pasarela para esa comunicación. Actualmente, como el MCU tiene interfaces IP y RDSI, las llamadas las realiza un operador desde el MCU hacia todos los puntos, o permite que los terminales se conecten al MCU. Las funciones de GW y GK las hace un operador⁵.

⁵ Ver 3.2.4. Videoconferencia.

Esta red, que cubre los requerimientos de la demanda actual, ya que el servicio apenas lleva unos meses de ofertado, en estas condiciones no ofrece garantías de expansión, debido a los problemas citados anteriormente, y a los problemas de escalabilidad, obliga al personal de las instituciones a trasladarse hasta los locales de ETECSA para celebrar las videoconferencias, y se mantienen altas las tarifas por el servicio con el objetivo de recuperar la inversión. Existen otras formas de ampliar los puntos de servicio y mejorarlo mediante el empleo de ADSL. En el Capítulo 3 se propone una alternativa.

En este Capítulo se han abordado los problemas más importantes que en estos momentos existen sobre la red de telecomunicaciones y que conspiran contra el inminente despliegue de Tecnologías xDSL, especialmente de ADSL, que es necesario realizar en el año 2004. Los temas tratados constituyen una preocupación para la Empresa y la solución de cualquiera de ellos supone grandes niveles de organización, completamiento de equipamiento, instrumentos de medición y poner en práctica métodos adecuados de trabajo para enfrentar este reto, además de propuestas sólidas que resistan la prueba del tiempo y sean compatibles con los procedimientos utilizados mundialmente durante este tránsito.

Capítulo 3. Proyección del empleo de soluciones xDSL.

Los aspectos tratados anteriormente requieren solución inmediata. En este Capítulo se abordarán posibles soluciones empleando Tecnologías xDSL. Se analizarán las aplicaciones que hasta ahora se le han dado en Cuba, los servicios potenciales que se pueden ofrecer en el entorno nacional, formas de implementación de ADSL, recomendaciones para la expansión de xDSL, se expone una variante para mejorar el sistema de videoconferencias, se aborda la selección del equipamiento e instrumentos de medición mediante pruebas de campo en curso para dar solución a estos problemas en particular.

3.1. Aplicaciones en Cuba.

Con la creación de ETECSA hace 10 años, se puso en marcha un proceso inversionista que ha acelerado el crecimiento del servicio telefónico y de datos. Se ha digitalizado el 80.0 % de las Centrales Telefónicas del país, se modernizó la red de transporte con tecnología SDH, se instala un backbone de fibra que ya tiene 1000 km de longitud, una red de microondas digitales y se incluyó la tecnología ATM en el backbone de datos, entre otros avances. Las necesidades de ancho de banda fueron creciendo, los pares de cobre escaseando por crecimiento de las instalaciones de teléfonos y deterioro de la planta externa. Estos elementos motivaron la introducción a mediados de 1999 de las Tecnologías xDSL. Se determinó utilizar las tecnologías simétricas, como HDSL y SDSL para dar servicio de transporte punto a punto. Para aliviar la carencia de pares de planta exterior se homologaron ganadores de pares. Las tecnologías asimétricas, como ADSL y sus variantes no han sido aplicadas hasta el momento salvo en pruebas realizadas y servicios muy puntuales, debido a las dificultades para su despliegue como consecuencia de los problemas de conectividad internacional. Se instalaron en el país equipos de diferentes fabricantes que se utilizaron en algunos casos para la sustitución de enlaces PCM tradicionales, que tenían regeneradores cada 1,5 km por módems HDSL en ambos extremos, con los cuales es posible alcanzar hasta 4 km sin regeneradores. Por un lado se ahorran regeneradores y se mejora la calidad de la transmisión. [19][21].

La Figura 3.1 muestra todas las aplicaciones, entre las que se encuentran enlaces con Centrales telefónicas de pequeña capacidad, radiopuertos WLL, URA's, PBX y la solución como ganadores de pares.

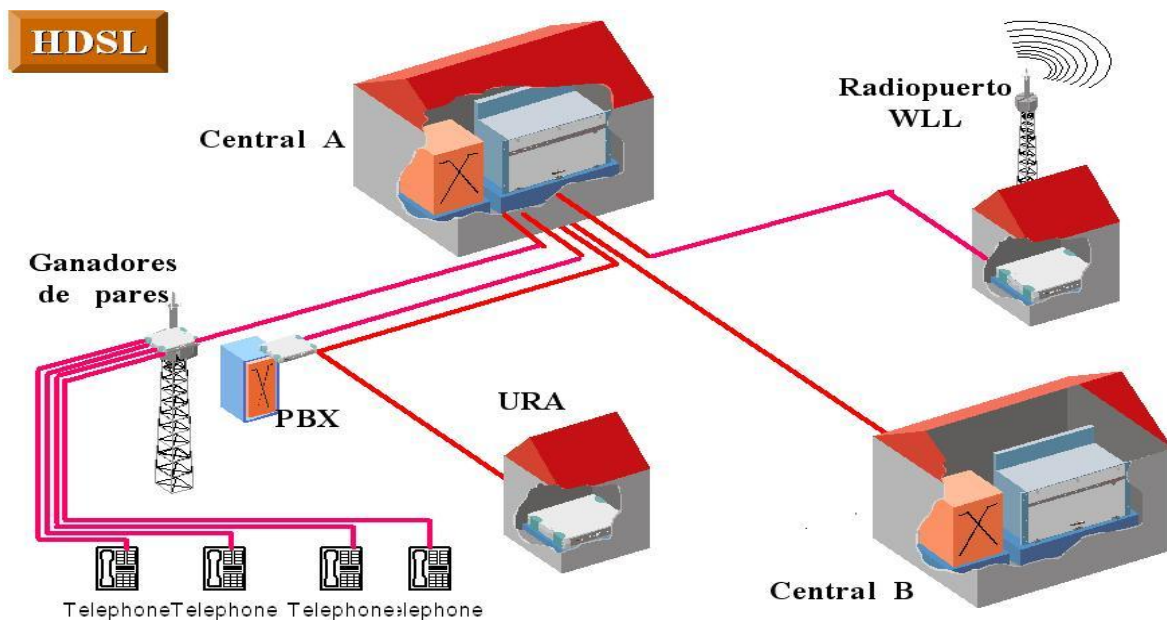


Figura 3.1 Aplicaciones en Cuba de la tecnología HDSL[19]

Los módems en la mayoría de los casos son HDSL PL-2 de Alcatel, empleados en las tres posibles configuraciones:



- ✚ Punto a punto en grupos de hasta 10 clientes de 2.048 Mbps: Se ubican dos subracks con tarjetas, uno en cada extremo. Cada tarjeta atiende a un usuario de 2.048 Mbps. Dispone de interfaces simétricas y asimétricas, con conectores BNC para 120 ohms o coaxial para 75 ohms.
- ✚ En estrella: Se utiliza un rack en el extremo central y hasta 10 módems remotos por subrack. Dispone de las mismas interfaces. La gestión en todos los casos es centralizada.
- ✚ Punto a punto individual: La alimentación puede ser remota, desde la Central, o local.

Figura 3.2 Panel frontal PL2 [3]

La gestión permite la comprobación del estado de la línea y contribuye a minimizar los tiempos de interrupción en la reparación de interrupciones. Los histogramas dan información gráfica de los errores ocurridos durante la transmisión.

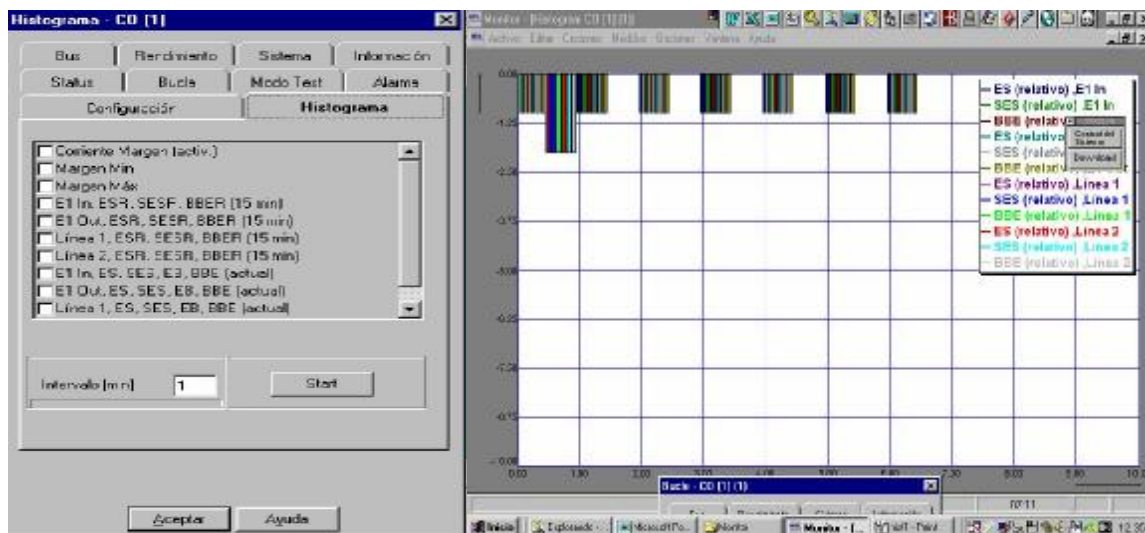


Figura 3.3 Estadísticas de gestión de los módems Alcatel PL2 [3]

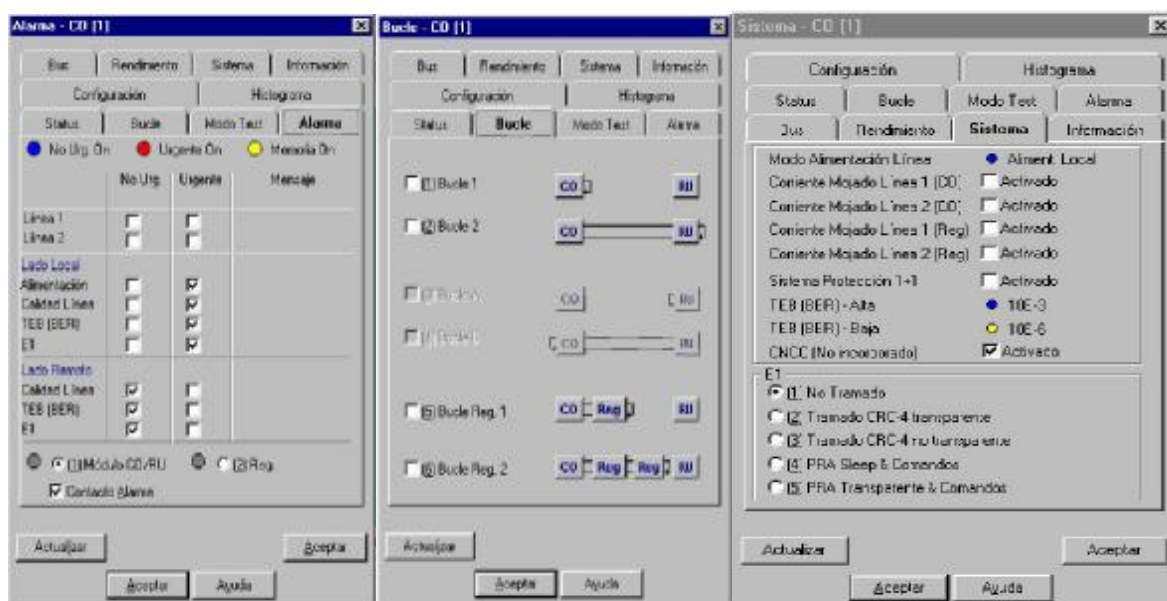
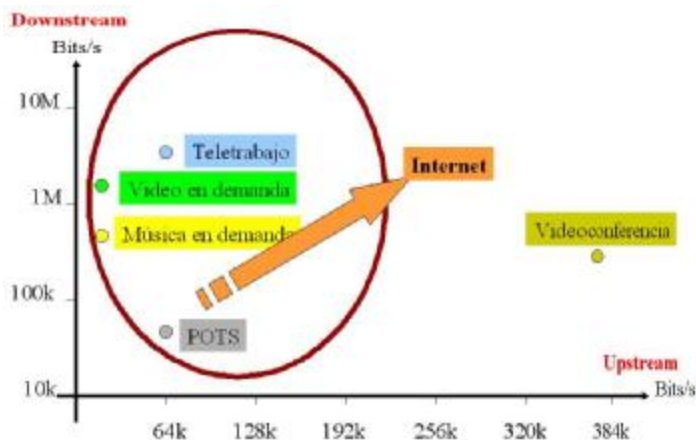


Figura 3.4 Monitoreo de alarmas, pruebas de lazo y parámetros de configuración [3]

La Figura 3.4 muestra las opciones del software de gestión para la visualización de alarmas y sus categorías que también se muestran en el panel frontal de los módems remotos, así como los lazos local, remoto y a través de regeneradores para la detección de fallas. Se pueden modificar parámetros como la tasa de errores, chequeo de redundancia cíclica y corriente de humectación, entre otros.

3.2. Servicios Potenciales

Hasta ahora se han implementado en su mayoría servicios correspondientes a tecnologías simétricas, no siendo así en el caso de las asimétricas ya que están relacionadas en mayor medida con el acceso a Internet y hay que preparar condiciones para disponer de ancho de banda de forma económica con alguna alternativa: Incrementando canales a través del acceso satelital, ya que la única puerta al mundo con que cuenta Cuba es el satélite o con el despliegue de una fibra submarina.



En Cuba se ha utilizado solo una pequeña parte de las aplicaciones que en el mundo se le dan a estas tecnologías. Por eso se tiene que potenciar su empleo porque se tiene una red de voz congestionada y una red de datos subutilizada.

Figura 3.5 Anchos de banda de servicios basados en ADSL [2]

No obstante, no hay que desanimarse, ya que existen una serie de servicios potenciales que se pueden suministrar con estas tecnologías, especialmente en el entorno nacional, y por las características del tráfico que soportan tienen un comportamiento asimétrico, por lo que bien pueden suministrarse con la tecnología ADSL, entre los que figuran:

- ✚ Distribución de video
- ✚ Voz sobre DSL
- ✚ VPN
- ✚ Acceso remoto a LAN
- ✚ Conectividad entre LAN
- ✚ Videoconferencia (permite Teletrabajo, Teleeducación, Telemedicina, etc)
- ✚ Acceso a Internet.

3.2.1. Distribución de video.

Los servicios de video por DSL Figura 3.6 pueden clasificarse según la arquitectura de red en dos grupos:

- 🌐 Servicios de difusión "Multicast", típicamente los de difusión de TV: necesitan una arquitectura de red que permita el envío de todos los canales simultáneamente a cada DSLAM, donde se realiza la distribución dedicada a cada usuario. La red de transporte, entre los DSLAM y las cabeceras de TV, ha de distribuir a cada DSLAM la totalidad de los canales.
- 🌐 Servicios dedicados "Unicast", tipo video bajo demanda: Para estos servicios hace falta una conexión punto a punto entre el usuario y los servidores. La arquitectura de red puede ser la habitual en las redes ADSL actuales para el acceso a internet, donde el servidor de acceso de banda ancha que facilita el acceso web se sustituye por el del servicio adecuado (como el servidor de VoD). El número y ubicación de los servidores de VoD dependerá del número de usuarios simultáneos, del tamaño de la red y de la penetración del servicio, pudiendo adoptarse diferentes soluciones de red. [23][32]

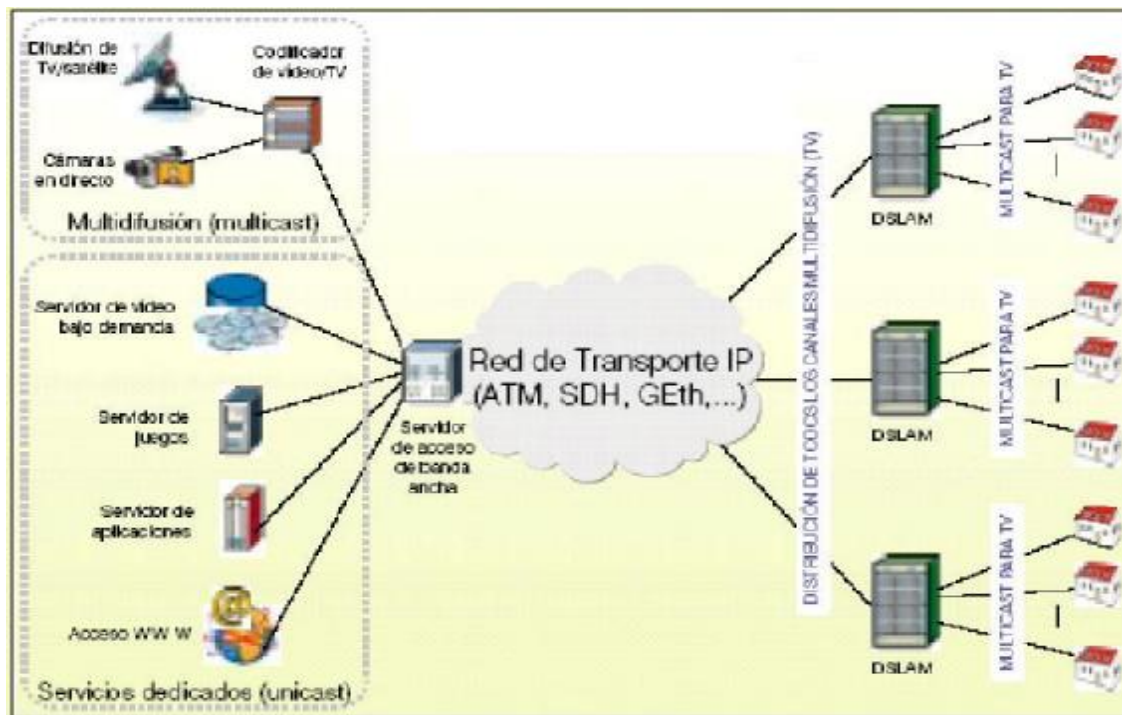
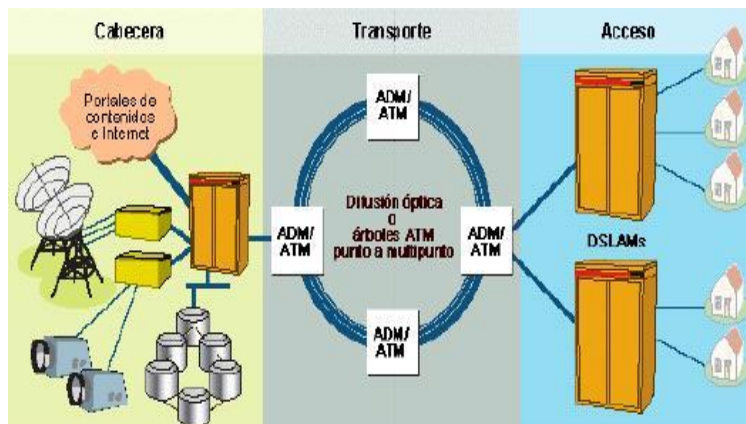


Figura 3.6 Arquitectura de red ADSL para soporte de servicios multimedia [34]

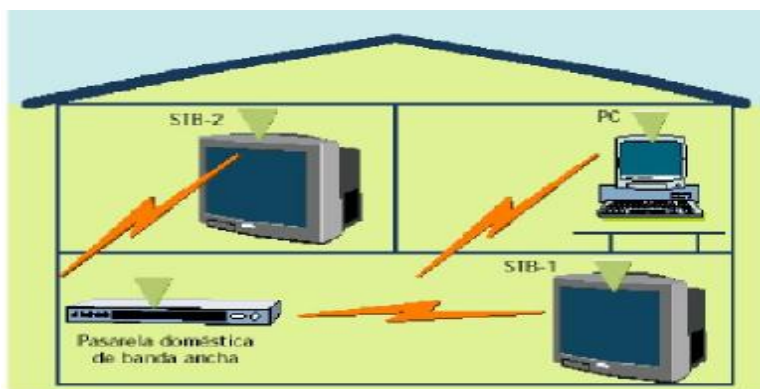
En Cuba, la distribución del video puede tomar las ventajas de las garantías de calidad de servicio de la red ATM en el transporte a través de la red en conexiones multipunto desde los proveedores de video y luego también en las redes de acceso a través de los enlaces de la red con los DSLAM. El transporte de IP sobre ATM es una solución al uso de las redes ATM implementadas actualmente por los proveedores de transporte.



Una de las variantes para la distribución de video puede ser la siguiente: Figura 3.7 En un punto de la red denominado "Cabecera", se añaden los contenidos a una plataforma de codificación MPEG-2, para transmitirlo mediante la red de transporte sobre ATM/IP. [32]

Figura 3.7 Plataforma de distribución de video [32]

IP simplifica la distribución en el cliente final por su compatibilidad con Ethernet, aunque añade encabezados que no portan información al flujo de video. El DSLAM es el último elemento de la red y se encarga de la distribución de los servicios hacia el extremo del



cliente. Figura 3.8. Una vez que el canal de video llega al módem DSL del cliente, es necesario un set-top box, que es un decodificador de video con interfaces para conectar la Televisión y la computadora vía Ethernet.⁶

Figura 3.8 Contenidos en el cliente final

⁶ Ver 3.4 Alternativas de equipamiento.

Los módem ADSL incorporan mecanismos FEC de corrección de errores sin retransmisión con codificación Reed Solomom, para reducir errores por el ruido impulsivo. Los requisitos de almacenamiento en el extremo del cliente son de 1.5 a 4.0 Gb.

Para la distribución de video existen numerosos fabricantes que ofrecen equipos de



**Figura 3.9 Códec de video
"Aurora" de Telindus**

calidad. Se podría utilizar los modelos de códecs Aurora o Capella, de Telindus⁷. El códec de la Figura 3.9 es mpeg-2, con interfaz para la red ATM de diferentes capacidades hasta STM-1, utiliza gestión estándar de la industria, consume 80 watts, tiene baja latencia para aplicaciones en tiempo real y puede ser controlado local o remotamente. [44]

La tecnología VDSL, aunque no se considera inmediata su aplicación, hay que seguir su evolución para ser oportunos al introducirla en la red, ya que sus ventajas resultarán más evidentes en la medida en que se desarrollen las redes ópticas pasivas, y puede constituir una solución efectiva para la distribución de video para instalaciones turísticas y hoteles.

3.2.2. Voz sobre DSL.

Una alternativa a considerar es la voz sobre enlaces DSL (VoDSL) ya que puede solucionar el problema de Hospitales, Policlínicos, Escuelas y lugares donde actualmente se carece de una pizarra telefónica. Puede ser la solución para asentamientos poblacionales con muy baja densidad de servicio telefónico y que tengan alguna disponibilidad de planta exterior. Los sistemas ganadores de pares constituyen la otra alternativa, pero el primero tiene ventajas, ya que permite la utilización de la PC en alguna de sus variantes a la vez que se usa el servicio telefónico.

El objetivo es paquetizar las señales en el extremo del cliente en un dispositivo de acceso integrado (IAD) que contiene un módem DSL y transmitir las por el par de cobre a través del DSLAM hacia un gateway de voz que tiene interfaz V5.1 u V5.2 con la Central Telefónica. Figura 3.10. Se prioriza la voz respecto a los datos, transmitiéndose las celdas ATM sobre PVC establecidos uno para la voz en la capa AAL2 y otro para datos sobre

⁷ Ver detalles en [44].

AAL5. Las líneas son multiplexadas mediante el DSLAM, que entrega un flujo único a la red ATM, donde son separadas las conexiones de los diferentes servicios, los datos son enviados al BRAS, que termina las conexiones AAL5 y realiza funciones de seguridad para el acceso a Internet o Intranet. [15][16][17][49]

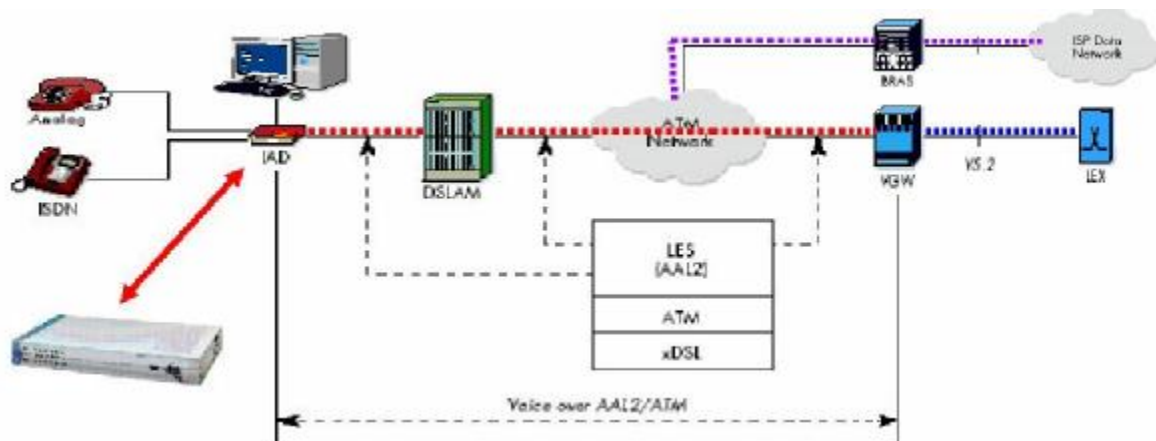


Figura 3.10 Voz sobre DSL

La voz se entrega a la pasarela (Gateway) que interconecta a la red ATM con la red telefónica mediante interfaz V.5.1 ó V.5.2 adaptando los formatos entre ambas redes.

La interconexión entre las redes se puede realizar de forma centralizada en un solo punto para una transición económica hacia VoDSL. La pasarela mantiene intercambio de señalización con el IAD para el tratamiento de las llamadas y provee las señalizaciones estándares de los servicios telefónicos básicos. La amplia adopción de ATM por la gran mayoría de proveedores DSL extiende los beneficios de ATM desde la última milla hasta el núcleo de la red. [26]

En la actualidad, la evolución a la integración de Voz sobre DSL en el lazo local, ha estimulado las inversiones de ATM en el área de acceso y núcleo de la red. Si en un enlace ADSL se usa ATM como protocolo la capa de enlace, se pueden definir varios PVC's ATM sobre el enlace ADSL entre el terminal central y remoto, es por eso que sobre un enlace físico se pueden definir múltiples conexiones lógicas, cada una dedicada a un servicio diferente. Por ello, ATM sobre un enlace ADSL aumenta la potencialidad de este tipo de acceso al añadir flexibilidad para múltiples servicios a un gran ancho de banda.

[51]

ATM contempla categorías de servicio con distintos parámetros de tráfico y de calidad de servicio para cada circuito virtual. De este modo, además de definir múltiples circuitos sobre un enlace ADSL, se puede dar un tratamiento diferenciado a cada una de estas conexiones. Las aplicaciones que no son de tiempo real no tienen gran necesidad de estos parámetros. Sin embargo, debido al impacto potencial de la congestión, se prefiere tener un mínimo de ancho de banda garantizado.

La ventaja que tiene VoDSL es que se ahorran pares de cobre entre la Central y el extremo remoto y se logra transmitir voz con gran relación de compresión. Tabla 3.

Velocidad Línea DSL	Circuitos equivalentes sin compresión	Circuitos equivalentes con compresión máxima
384 kbps	6	40
768 kbps	12	80
1.1 Mbps	18	110
1.5 Mbps	25	150

Tabla 3 Relación de compresión en circuitos de VoDSL [36]

Es importante ampliar el espectro de utilización de las tecnologías xDSL con el uso de VoDSL, ya que las soluciones de conectividad se pueden implementar con tecnologías asimétricas como ADSL si se va a utilizar también la PC, pero gana en potencialidad cuando se implementa sobre tecnologías simétricas de alta capacidad de transporte de tráfico como GSHDSL, que permite gran concentración de abonados conectados al IAD y pudiera brindar servicios de voz a Municipios, Localidades y Asentamiento Poblacionales del país que se encuentran con muy baja densidad de servicio telefónico y puede constituir una alternativa de alto impacto social. Los equipos de la firma RAD, israelita, con presencia en nuestro país, ofrecen diferentes capacidades para suministrar el servicio de VoDSL.

En caso de utilizar ADSL, debe prestarse atención además a ADSL² G.992.3 (G.dmt.bis) , G.992.4 (G.lite.bis) y ADSL²⁺, que pueden trabajar en medios hostiles, equivalentes a pares muy ruidosos con buen desempeño, disponen de mecanismos de ahorro de energía, muy conveniente en nuestras condiciones, ya que ETECSA tiene entre sus planes optimizar el uso energético en sus instalaciones. Otra de las variantes a utilizar ADSL G. Lite, por ser más económica en cuanto a ancho de banda, Downstream: 1,5 Mbps – Upstream: 512 kbps, muy aconsejable para las condiciones de conectividad con el segmento internacional. Por último, la mayoría de los módems que se fabrican vienen con las dos posibilidades incorporadas: Full Rate y G. Lite, además de funcionalidades de router, gateway y firewall, conjuntamente con herramientas de gestión y eventualmente con software que permite la calificación automática de los pares de cobre.

3.2.3. Red Privada Virtual (VPN).

Utilizando ADSL es posible en el DSLAM la configuración de VPN entre clientes para compartir aplicaciones en tiempo real y ofrecerlo como un servicio más.

La implementación de VPN con tecnología ADSL se basa en construir un túnel entre las redes LAN de los clientes, siempre que tengan intereses comunes, independientemente de que estén ubicados en la misma área de servicio atendido por un DSLAM. Estos disponen de interfaces ATM, permitiendo integrarse al backbone con garantía de calidad de servicio en todo el transporte. [35]

Una VPN conecta mediante un proceso de encapsulación y encriptación de los paquetes de datos a distintos puntos remotos mediante el uso de infraestructuras públicas de transporte como Internet, posibilitando intercambiar datos entre dos equipos a través de una red emulando un vínculo privado punto a punto.

Para emular un vínculo punto a punto, los datos de la red privada se encapsulan o empaquetan con un encabezado que proporciona la información de enrutamiento que permite a los datos recorrer la red compartida o pública hasta alcanzar su destino, formando un “túnel” (encapsulamiento) que queda definido en la red por donde viajan los datos.

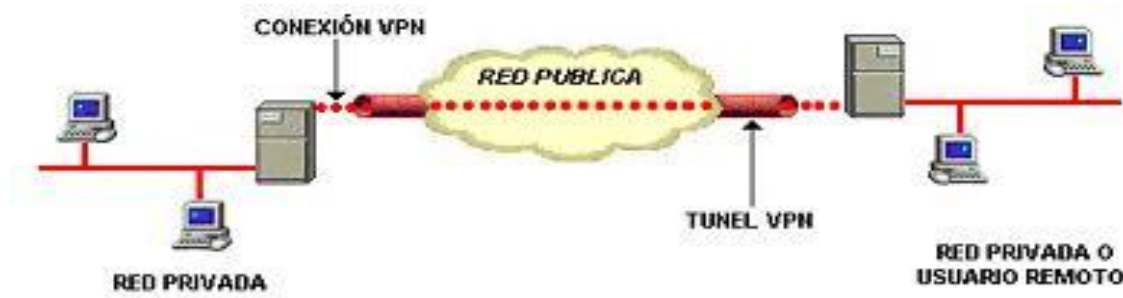


Figura 3.11 Estructura de una VPN

Para emular un vínculo privado, los datos se cifran para asegurar la confidencialidad. Para esto se involucran tres protocolos: el protocolo de nivel superior que debe encapsularse; el encapsulador, como IPX/IP, o PPP/IP, que será empleado para la creación, mantenimiento y destrucción del túnel de comunicación; y el portador será el encargado de realizar el transporte de todo el conjunto. La encriptación incluye técnicas de clave secreta y pública. El túnel se establece entre los routers de ambas redes. Una vez establecida la conexión VPN, se puede intercambiar datos confidenciales a través de la Intranet Corporativa. [35]

La principal ventaja de usar una Red Privada Virtual es que permite disfrutar de una conexión a red con todas las características de la red privada a la que se quiere acceder. El cliente VPN adquiere totalmente la condición de miembro de esa red, con lo cual se le aplican todas las directivas de seguridad y permisos de una computadora en esa red privada, pudiendo acceder a la información publicada en ella a través de un acceso público. Al mismo tiempo, todas las conexiones de acceso a Internet desde la PC cliente VPN se realizarán usando los recursos y conexiones que tenga la red privada. Con el uso de las Redes Privadas Virtuales se disminuye el costo de enlace privado entre dos sitios.

De esta forma una empresa se ahorra en inversión de infraestructura tecnológica, administración y mantenimiento, y además, puede integrar varios servicios en un solo enlace. Como ejemplo, se eliminan las llamadas de larga distancia, las cuales son sustituidas por conexiones locales al servidor de Internet, por lo que también desaparecen los pagos por concepto de enlaces dedicados para la interconexión de oficinas remotas.

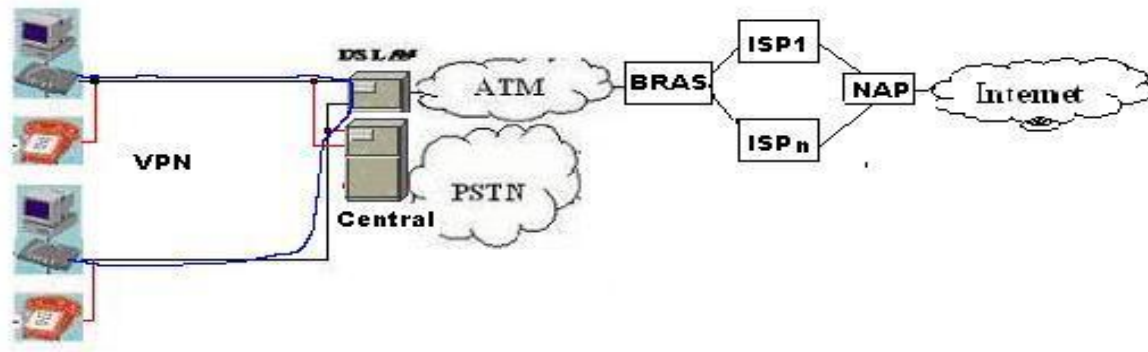


Figura 3.12 VPN entre clientes de un mismo DSLAM

La Figura 3.12 muestra la estructura simplificada de una conexión ADSL en las condiciones de Cuba. La VPN se establece entre clientes pertenecientes a una misma área de servicio. Si están en áreas diferentes, existen dos formas de interconexión con la red ATM:

- ✚ Conexión DSLAM - Red ATM mediante interfaces E1 ó IMA ATM, donde exista punto de presencia de Cubadata.
- ✚ Conexión entre DSLAM estarán a través de una fibra óptica y habrá una sola conexión de un DSLAM a la Red ATM.

La variante seleccionada será un compromiso entre la disponibilidad de fibra y posibilidades de contar con interfaces disponibles en los puntos de presencia de la red ATM en las diferentes provincias del país.

3.2.4. Videoconferencia.

Los clientes ADSL pueden realizar videoconferencias desde su PC. Se puede establecer comunicación entre dos puntos utilizando Microsoft NetMeeting, solo es necesario conocer la dirección IP de la PC a la que se quiere llamar. La Figura 3.13 muestra cómo sería la conexión entre los clientes ADSL.

Para garantizar seguridad, controlar los accesos a la red de videoconferencia y dotar de agilidad los procesos de autenticación y autorización para el servicio, pueden incluirse Gatekeeper, servidor de DNS, servidor AAA, etc, pero no es absolutamente imprescindible en los inicios. Si la comunicación se establece entre más de dos puntos, es necesario incorporar a la red un servidor de NetMeeting para que sirva de puente.

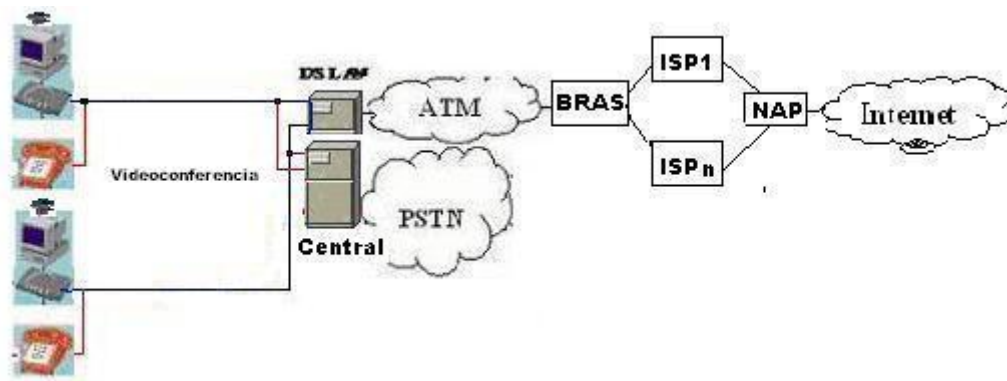


Figura 3.13 Videoconferencia utilizando Neetmeeting

El equipamiento que se necesita en el extremo del cliente es una WebCam con buena resolución Figura 3.14 o equipos profesionales de videoconferencia Figura 3.15 conectados al módem ADSL, que debe tener router incluido. En el Anexo 3 se muestra la variedad de equipos para videoconferencia que Polycom ofrece con diferentes capacidades para satisfacer los requerimientos de la Empresa en esta esfera. Muchos de estos equipos fueron probados y se adquirieron en el año 2003.



Figura 3.14 WebCam Via Video de Polycom



Figura 3.15 Cámara profesional de Polycom

En el Capítulo 2 se abordó la situación de la red de videoconferencia de ETECSA y la dificultad en cuanto a escalabilidad en las secciones RDSI e IP. La Figura 3.16 muestra cómo se podría mejorar la red que existe actualmente en cuanto a escalabilidad y a calidad de servicio utilizando ATM en vez de FR.

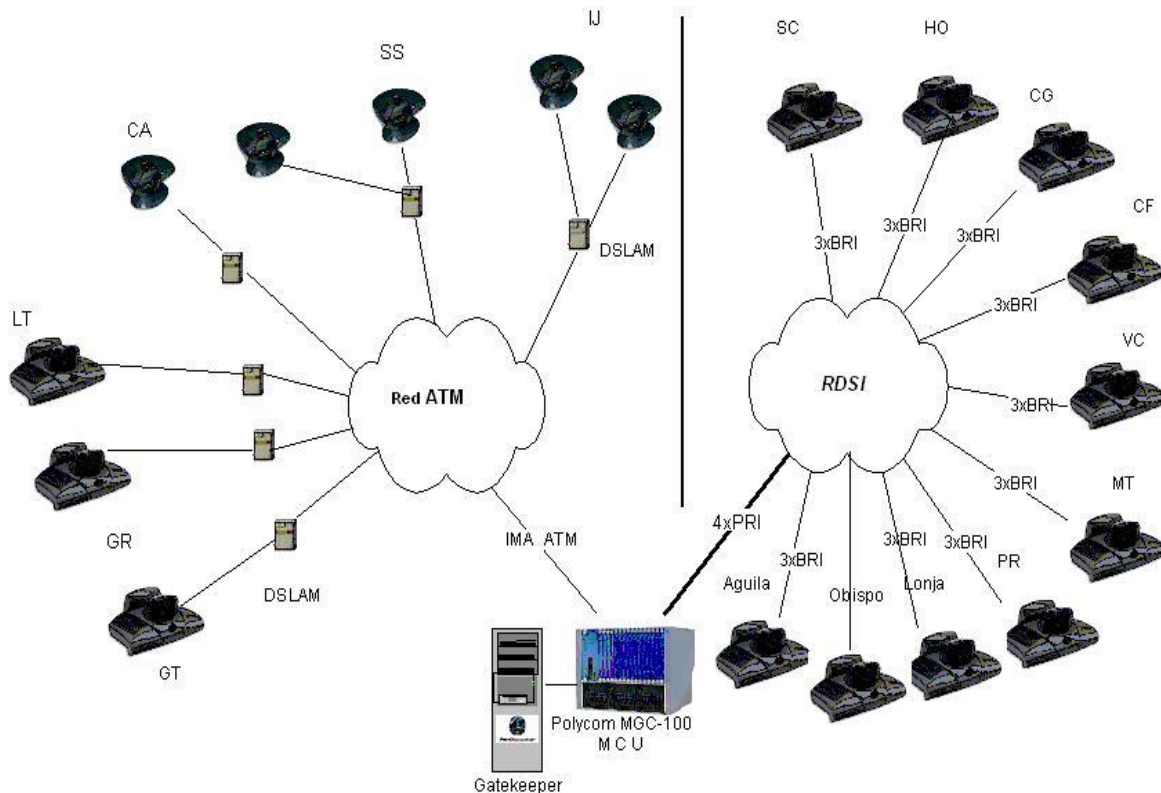


Figura 3.16 Propuesta de mejoramiento de la red de Videoconferencia mediante ADSL

Para ello, hay que hacer cambios respecto a la Figura 2.12.

- La red RDSI quedaría sin cambios, esto significa que si se hace necesario incrementar puntos de presencia, se haría utilizando un DSLAM en la provincia y ADSL para el nuevo servicio, igual que el la Figura 2.11
- En el MCU se sustituye la interfaz IP por interfaz IMA ATM. Figura 3.18, Figura 3.17, Esta interfaz permitirá la conexión simultánea de hasta 20 sitios en una videoconferencia.
- En cada provincia se ubica al menos un DSLAM conectado a la red ATM mediante interfaz E1 ATM. Los DSLAM serán compactos, de pequeña capacidad inicialmente, o se aprovechará la funcionalidad de las Centrales que tienen incluido DSLAM en sus bastidores para instalar la tarjeta de abonados ADSL.

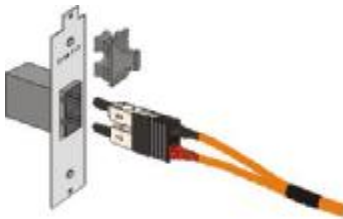


Figura 3.18 Interfaz ATM

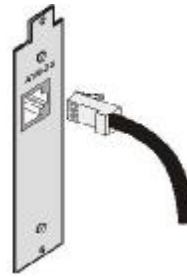


Figura 3.17 Interfaz IP

- Se actualizará la tabla de direcciones del GK asociado al MCU. Este MCU realiza las funciones de GK mediante software. Esto permitirá que abonados RDSI se comuniquen con abonados IP sin intervención de la operadora de gestión. Opcionalmente se instalará sobre el MCU un servidor de DNS, que facilita la identificación de los abonados por nombres en vez de direcciones IP.

Este mejoramiento está condicionado por:

- Una decisión de crear condiciones para comenzar instalaciones ADSL en todo el país, inicialmente moderadas, pero con el objetivo de garantizar conectividad de banda ancha como parte del plan de conectividad social en proceso de desarrollo.
- Completamiento de interfaces disponibles en la red ATM y creación de condiciones para la gestión de los servicios.
- Existencia de clientes potenciales para comercializar el servicio ADSL y con ello añadir nuevos clientes a la red de videoconferencia actual, permitiendo rebajar tarifas e incrementar los ingresos. Con esta estructura propuesta se mejora la calidad de servicio de extremo a extremo, ya que ADSL utiliza ATM desde el extremo del cliente hasta el DSLAM y continúa este modo de transporte hasta la interfaz IMA del MCU, además de tener garantizado el ancho de banda necesario para una videoconferencia de calidad.

Aprovechando el despliegue de ADSL, se pueden implementar además de los servicios de videoconferencia, los de VPN que a su vez permitirá el acceso remoto a LAN's. La conectividad entre LAN es un servicio que requiere tecnologías simétricas, pero se puede dar al mismo tiempo ya que los DSLAM bajo prueba disponen de la capacidad para el mismo ubicando una tarjeta en su interior.

Las soluciones para los servicios propuestos pueden ofrecerse en el entorno nacional con grandes beneficios. La distribución de video, Voz sobre DSL, Red Privada Virtual, que propicia el acceso remoto a LAN's, Videoconferencias y enlace entre redes locales, permitiría reducir los gastos y expandir la cartera de servicios de ETECSA.

3.3. Formas de implementación de soluciones ADSL.

La tecnología ADSL ha sufrido transformaciones cualitativas importantes en los últimos años, caracterizándose por equipamientos cada vez más inmunes a las condiciones desfavorables de las líneas como los módems ADSL G.dmt.bis (G.992.3), se ha disminuido el consumo energético con ADSL2 y ADSL2+ (G.992.4), el ancho de banda útil se ha extendido hasta 2,2 Mhz, entre otras mejoras. [9] Esta variedad de equipamiento junto a las posibilidades de gestión, demanda de clientes potenciales, condiciones para la facturación del servicio e instalaciones disponibles entre otros factores, definen la forma más conveniente de implementación. En el caso de Cuba, tenemos al menos tres formas:

1. Aprovechando las facilidades de las Centrales Digitales con bastidor acondicionado para incorporar tarjetas ADSL.
2. Ubicando DSLAM independientes.
3. Simultanear con el uso de ambas.

Es importante considerar la primera variante, Figura 3.19, atendiendo a dos aspectos: el primero es que los fabricantes de Centrales le incorporan nuevas funcionalidades a las mismas para hacer más sencillo el proceso de instalación de los nuevos servicios que en el mundo de las telecomunicaciones se ofertan. Normalmente hay que interceptar el par de cobre que va desde el extremo del cliente al Tie Vertical del MDF (servicio ADSL + POTS), llevarlo al DSLAM a través de un rack que hay que ubicar para este propósito y luego alambrarlo en el Tie Horizontal del MDF (servicio POTS) correspondiente al extremo de la Central Telefónica. Esta opción permite simplificar los procesos de acondicionamiento en el extremo de la Central simplificando el alambraje.

Solo se requiere sustituir la tarjeta de línea del abonado por una tarjeta que contiene varios módems ADSL.⁸

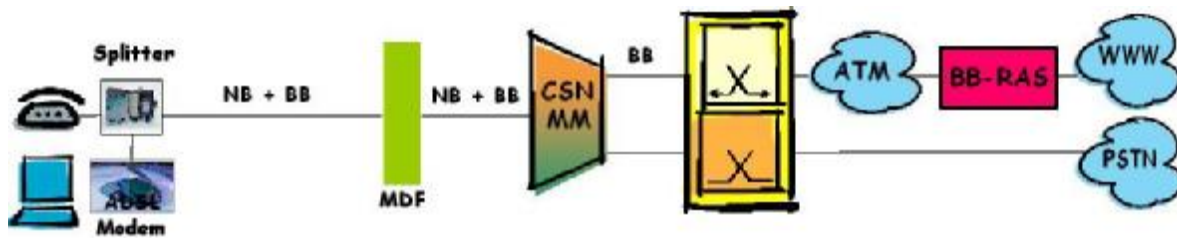


Figura 3.19 Instalación de ADSL aprovechando las capacidades de la Central Telefónica [2]

El ejemplo mostrado es el que Alcatel utiliza en sus bastidores CSNMM. Cuba tiene Centrales Alcatel ubicadas en la región occidental y podría utilizarse eventualmente este recurso. La ventaja es la simplicidad, la desventaja es que la gestión de los abonados de banda estrecha, que se hace en la Central de Conmutación se hará independiente de los abonados de banda ancha, ya que no hay una integración. La razón es que encarecería el valor total de la Central que normalmente se utiliza como conmutador telefónico, además de que las capacidades para abonados de banda ancha en los bastidores son limitadas.

Como recomendación, en una primera fase del proceso de despliegue, se podría utilizar esta variante, ya que con solo cambiar la tarjetas de abonado por una tarjeta ADSL en el bastidor se puede dar servicio de 4 a 12 abonados, y en dependencia de los niveles de penetración, pasar a la segunda fase ubicando DSLAM con mayores capacidades, de hasta 24 abonados por tarjeta ADSL. Estas diferencias de capacidades vienen dadas para conservar el balance de potencia requerido por bastidor, según las Recomendaciones de la UIT.⁹ Otra dificultad es que existen diferentes responsables por área para la Operación y el Mantenimiento, por ejemplo: las Centrales de Conmutación son responsabilidad de la Unidad de Negocios de Red o en cualquier caso, de la entidad de Operación y Mantenimiento de la Red, mientras que los servicios de banda ancha serán responsabilidad de una entidad independiente, o en el caso de ETECSA, lo asumirá la Unidad de Negocios de Transmisión de Datos. Se propiciaría un conflicto innecesario en la seccionalización y solución de una interrupción, lo que exigiría medidas organizativas y gran coordinación para no entorpecer ninguna de las funciones.

⁸ Ver Anexo 2 Detalles de instalación. Pruebas de campo ADSL.

⁹ Ver 1.4 Últimos resultados de la tecnología ADSL

Es conveniente entonces aprovechar las potencialidades de las Centrales que incorporan DSLAM en sus bastidores como solución económica, donde la Central de conmutación disponga de esta facilidad.

La segunda alternativa, Figura 3.20, a pesar de tener que invertir tiempo en el alambrado, tiene ventajas en el tratamiento de la gestión, ya que permite la concentración, remotivación y control de la red de DSLAM instalados.

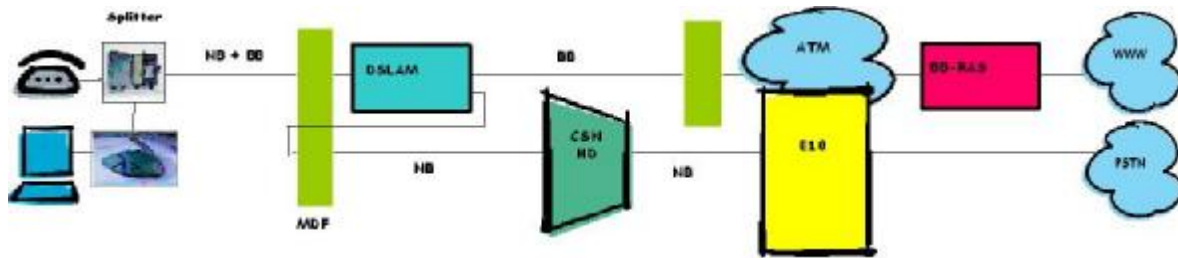


Figura 3.20 Instalación de ADSL con DSLAM independiente [44].

Se recomienda utilizar en una segunda fase de desarrollo, cuando las concentraciones de abonados comiencen a ser altas, ya que una tarjeta en el DSLAM permite 24 abonados, en vez de los 12 que admite el bastidor de la Central por tarjeta. También es aplicable cuando no existan Centrales que dispongan de esta funcionalidad.

Aunque se han discutido las ventajas y desventajas de dos alternativas, la tercera puede también ser conveniente, es un híbrido donde se aprovechan las potencialidades de las Centrales acondicionadas y donde no existan esas capacidades, se instala un DSLAM. Es probable que merezca consideración porque actualmente hay un pequeño número de abonados con demanda ADSL por Central, y es difícil que se adquiera la plataforma de gestión para un número tan reducido de clientes por los costos. De todas formas es un aspecto a considerar en el momento de la Licitación y de la selección de la oferta en específico.

Recordemos que la estrategia a seguir en ETECSA debe ser ubicar en una primera fase equipos compactos con alta capacidad de transporte de servicios pero con baja densidad de clientes, ya que resulta difícil en nuestras condiciones encontrar clientes potenciales que paguen las tarifas a las que se oferta el servicio, por eso bastan equipos compactos. Las capacidades pueden completarse con abonados pertenecientes al plan de conectividad social que se tiene programado. La elección del sistema más conveniente depende de la demanda de clientes en una zona en específico, de los intereses

comerciales y del estado financiero de las inversiones que se realicen, y de un correcto balance entre las opciones disponibles.

3.4. Alternativas de equipamiento.

Las alternativas de equipamiento obedecen a diferentes factores, tanto técnicos como económicos, además de responder a necesidades concretas de su utilización. Esta selección está relacionada con el fabricante, las relaciones comerciales con los países que ofertan equipamiento, garantía de contratos postventa para reparaciones, capacitación del personal, actualizaciones de versiones de software, tecnologías con mejores prestaciones, capacidades del mismo, aplicación específica, política de precios, facilidades de pago e integración del nuevo equipamiento con el existente en la red de telecomunicaciones. Para una misma tecnología diferentes fabricantes dan soluciones similares y luego de una evaluación técnica del mismo, los factores económicos tienden finalmente a decidir.

El Anexo 4 sintetiza las características más importantes de equipamiento xDSL con posibilidades de ser empleado en la red de telecomunicaciones.

Lo importante es adquirir equipamiento xDSL estandarizado por las organizaciones ANSI y ETSI, que cumpla con las Recomendaciones de la UIT-T. G.991.1– G.999.9 con el objetivo de garantizar interoperabilidad entre el equipamiento y estar en mejor situación ante agresiones económicas. La situación de bloqueo unido a la escasez de recursos materiales - financieros y las limitaciones en las compras del mejor equipamiento, obligan a mantener estricto control de esta norma y someter a pruebas el equipamiento que los proveedores ofertan.

A continuación se relatará parte de las experiencias obtenidas en pruebas de campo que se realizan (Febrero 2004) a las tecnologías SDSL con un ganador de pares, a un DSLAM y a módems de usuarios, para el servicio ADSL.

3.4.1. Prueba de campo de la tecnología SDSL. Telmax de Telspec.

Con el objetivo de corroborar la hipótesis de que es posible utilizar ganadores de pares para aliviar el problema de la escasez de pares de planta exterior, que están en déficit en nuestro país, y considerando que en la red de telecomunicaciones se han introducido en

los últimos dos años servicios RDSI, se seleccionó este modelo de ganador de pares “Telmax” de firma inglesa Telspec, para someterlo a pruebas de campo y de resultar satisfactorias, validar su introducción en el país, para hacerle compañía a las tres marcas de fabricantes de ganadores de pares que se han homologado para su operación en la red que corresponden a:

- ✚ ECI Telecom: Con 4 modelos: PCM 2, PCM 4, PCM +4 y PCM 11
- ✚ Alcatel 1564 PGH
- ✚ Ericsson PG0400

Este equipamiento tiene características que lo distinguen de los ganadores de pares mencionados, que se traducen en ventajas de inapreciable valor en estos momentos:[46]

- ✚ Permite combinación de servicios POTS con RDSI en diversas variantes: 2+i, 4+i, 8+i y 10+i. (la letra i significa abonado RDSI). A excepción de Alcatel, que dispone de esta funcionalidad, aunque con menor capacidad de abonados POTS.
- ✚ Permite tarjeta G.SHDSL, (Telmax X) alcanzando 2,3 Mbps sobre 1 par o 4,6 Mbps sobre dos pares.
- ✚ Procesamiento de señal TC – PAM 16 en vez de la clásica codificación 2B1Q.
- ✚ Telmax dispone de un conjunto de soluciones ADSL con DSLAM compacto (Telmax A), soluciones para Voz (Telmax E) y soluciones exclusivas para RDSI (Telmax I).
- ✚ Gestión de servicios mediante TCP/IP, remoto, y tarjeta común (del mismo tipo) para gestionar lo mismo subbastidores que el gabinete.
- ✚ Soporta mayor capacidad de abonados POTS que los ganadores de pares anteriores, permitiendo hasta 12 abonados por un solo par.
- ✚ Utiliza subbastidores universales, para que en un mismo subbastidor puedan coexistir tarjetas de todos los modelos de ganadores de pares que ofertan las firmas homologadas en el país. Esto permite ubicar mayor cantidad de abonados por subbastidor.

La selección de este modelo de ganador de pares obedece entre otros factores a la primera característica mencionada, ya que la penetración de abonados RDSI es muy baja, y el equipo permite combinaciones de un abonado RDSI con diferentes capacidades de

abonados POTS, en dependencia del tipo de tarjeta. Esto significa que, donde haya un cliente que requiera un servicio RDSI, que se factura en MLC, se favorecen hasta 10 clientes POTS, que se facturan en MN, por el mismo par de cobre y sin costo de instalación adicional. Existe además una política de prioridades en la seccionalización y reparación de averías, de modo que si se interrumpe el par de cobre donde está el abonado RDSI, tendrá prioridad en la reparación, y con ello los 10 clientes POTS.

Otra de las razones se refiere al procesamiento de señal que utiliza: TCPAM -16 es superior a la codificación de línea 2B1Q¹⁰, de modo que puede trabajar en cables más ruidosos que el que usan otros sistemas para obtener el mismo alcance, o al revés, se tiene más alcance con la misma relación señal / ruido, además de las mejoras en los procesos de ecualización adaptativa, que mejora la calidad de audio.

El sistema Telmax consta de una Unidad de Central (EU) montada en un Sub-bastidor en el extremo de la Central, conectado por medio de un par de cobre a una Unidad Remota (RU) ubicado en las cercanías de los abonados. Figura 3.21

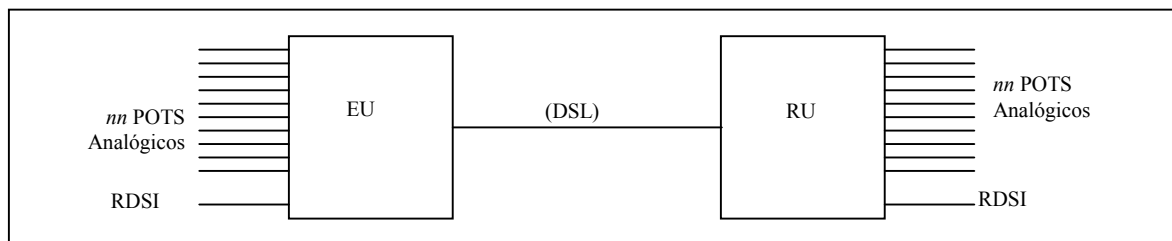


Figura 3.21 Arquitectura general del ganador de pares

La Prueba de Campo se realiza con clientes internos de ETECSA (Febrero 2004). Se prueban 8 abonados POTS, 1 abonado RDSI, y 5 estaciones públicas, las Unidades Centrales (EU's) se instalaron en el CMT de Águila, en el taller de PCM en Palatino y en la Subgerencia de Operaciones de Telefonía Pública en 5ta y 32. Las Unidades Remotas (RU's) fueron colocadas en Águila y Barcelona (Oficina Comercial), en Habana y Obispo en el local del Grupo de RDSI, en el taller de PCM en Palatino y en Telefonía Pública en 5ta y 32. Se utilizaron dos tipos de tarjetas (10i y de 12 POTS), como soporte los cables calibre 26 (0.4 mm) y una línea de transmisión artificial para las pruebas de laboratorio en el Taller de Palatino (Simulador de hasta 30 Km).

¹⁰ Ver Anexos 1. Procesamiento de Señales.

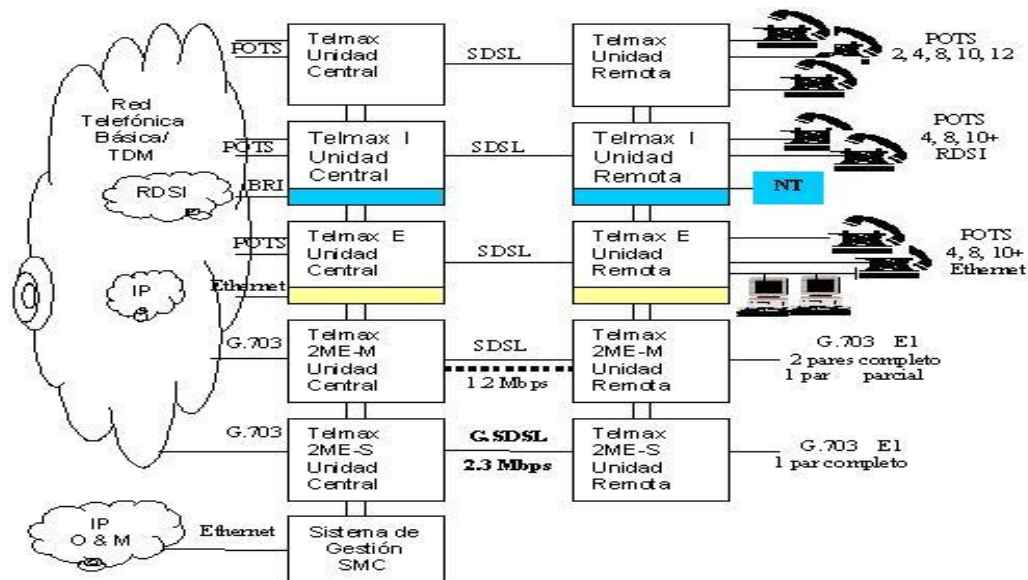


Figura 3.22 Funcionalidades del Ganador de pares Telspec [45]

Las líneas DSL utilizadas no tenían derivaciones, y se seleccionaron de diferentes cables con el objetivo de que las condiciones fueran diferentes para el mismo sistema. Se utilizó como instrumento de medición, el Dinatel. La Tabla 4 da una muestra de 3 pares medidos donde se colocó el ganador de pares a diferentes distancias entre las unidades central y remota.

Línea	Resistencia de lazo [Ω]	ATT (150 Khz) [db]	Aislamiento e/ bandas[M Ω]	Distancia e/ EU y RU [Km]	Diámetro [mm]
DSL 1	~533	~26 db	>100	~2,0	~0,4
DSL 2	~160	~3 db	>100	~0,5	~0,4
DSL 3	~1495	~ 58db	>100	~5,6	~0,4

Tabla 4 Muestra correspondiente a 3 pares medidos

De acuerdo a la Tabla 5, los pares seleccionados están dentro de los valores permisibles para la operación. Una vez instalado el ganador de pares ha mantenido un comportamiento estable, sin interrupciones permitiendo el servicio RDSI coexistiendo con el servicio POTS. Comenzaran las pruebas de funcionalidad del transporte mediante GSHDSL y el enlace entre redes LAN.

Diámetro del conductor (mm)	Calibre (AWG)	Resistencia de lazo	Atenuación a 800 Hz (db/km)
0.40	26	288	1.50
0.65	22	110	0.90
0.90	19	57	0.64
Valores límites de atenuación y resistencia calculadas a 800 Hz desde la Central hasta el Abonado.		1200	3.0

Tabla 5 Norma Cubana para la red de planta externa. Valores límites. [11]

La Tabla 6 muestra las diferencias más significativas de la interfaz de línea del ganador de pares de Telspec y de ECI. En el primer caso hay mejoras en la codificación, alcanzándose mayores velocidades de transmisión en línea, lo que en el caso de comparar los PCM 4 permite operar con mayores atenuaciones (48 db vs 42 db) y en el caso del PCM 12, permite un abonado más que el PCM 11.

Características de la Interfaz Digital de línea	ECI Telecom PCM+4	ECI Telecom PCM11	TELSPEC Telmax PCM4	TELSPEC Telmax PCM12
Alimentación Remota	<=180 V <=1040 ohm <=130 mA	320 V <=800 ohm <= 60 mA	+/- 295 V 1300 ohm 57.5mA	+/- 295V 1300 ohm 57.5mA
Procesamiento de señal.	2B1Q	2B1Q	TC/PAM	TC/PAM
Velocidad de TX en Línea	272 Kbit/s	784 Kbit/s	336 Kbit/s	864 Kbit/s
Atenuación Max. a 150 Khz	42 db	31 db	48 db	28 dB
Alcance para 0.4 mm	4.1Km	3.0 Km	4.8 Km	2.8 Km

Tabla 6 Comparación entre ganadores de pares de ECI

3.4.2. Pruebas de campo de la tecnología ADSL. MA5105 de Huawei

A partir del mes de enero del 2004 se planeó una prueba de campo de la tecnología ADSL con el objetivo de probar las funcionalidades del multiplexor de acceso DSL (DSLAM MA-5105), suministrado por Huawei y de módems ADSL para usuarios, de diferentes tipos y fabricantes. Se ejecutarán mediciones para verificar el comportamiento del sistema y probar la interoperabilidad entre los módems de usuarios, además de elegir de la selección, los de mejores prestaciones, y preparar el camino para el despliegue en mayor escala de estas tecnologías de banda ancha.

Existen varios modelos de DSLAM a ser probados, entre ellos: MA5100, MA5103, MA5105, IS2000, IS3000. Los dos primeros son de gran y mediana capacidad respectivamente. Son parte integrante de los bastidores OLT - ONU, y permiten ser utilizados cuando se evidencie una demanda importante del servicio. Tienen interfaces ATM e IP con la red. Los dos últimos solo disponen de interfaces Fast Ethernet y tienen mayor consumo por línea ADSL que los anteriores. Como la dirección principal es cargar al backbone ATM se decidió escoger el de pequeña capacidad, ya que en estos momentos es apropiado ubicarlo en una Unidad Remota de Abonado (URA) para dar servicio a una pequeña comunidad en una primera etapa.

El sistema bajo prueba está compuesto por un Multiplexor de Acceso DSL MA5105 desarrollado por Huawei y módems ADSL en el extremo de usuario, conectados punto a punto a través de pares de cobre calibre 26 (0,4 mm) de la planta externa.

MA-5105: Puede trabajar como DSLAM IP a través de interfaz Fast Ethernet (FE) o como DSLAM ATM a través de interfaces E1.



Figura 3.23 DSLAM MA-5105. Aspecto físico y tarjetas que lo componen. [12]

En el panel frontal tiene dos led's:

🔴 Rojo: Encendido si hay fallas, apagado en operación normal.

🟢 Verde: Encendido cuando está alimentado.

Alimentación: El MA-5105 está protegido contra sobrevoltaje y bajo voltaje. Trabaja con 110v, 220v AC (+/- 20 %), ó -48v DC. El consumo total de potencia es de 75 watts, equivalente a 2,3 watts por línea ADSL.

Gestión: Para su gestión utiliza la plataforma iManagement N2000, basada en una arquitectura Cliente – Servidor. La configuración de los servicios se hace a través de esta plataforma, aunque también se puede hacer por el puerto de consola, a través de una interfaz RS232.

El MA 5105 consta de 3 ranuras, una para la tarjeta de control (MIEA/MIFE) y dos para las tarjetas ADSL (ADLA). Cada tarjeta ADLA consta de 16 puertos ADSL y el MA 5105 puede soportar 2 ADLA.

🔴 MIEA: Proporciona 4 puertos E1 upstream.

🟢 MIFE: Proporciona un puerto Fast Ethernet.

Configuraciones básicas:

🔴 1 MIEA + 2 ADLA

🟢 1 MIFE + 2 ADLA.

Para las pruebas se utiliza la primera configuración (1 MIEA + ADLA), por tanto, solo se hará referencia en lo adelante a la tarjeta MIEA, y no a la variante de Fast Ethernet.

Características de la Tarjeta MIEA [25]

🔴 Cantidad de puertos: 4 puertos ATM E1.

🔴 Capa física: Cada E1 compatible con G.703.

🔴 Capa de enlace. Cada E1 compatible con G.704.

🔴 Cables de los puertos: Coaxial de 75 ohm o Simétrico de 120 ohm.

🔴 Bufer de transmisión Upstream: Basado en PVC.

🔴 Soporta 65 PVC. Para la gestión y control por parte del sistema de gestión NMS, se utiliza un PVC.

- ✚ Estadísticas de celdas: Se cuentan las celdas perdidas por PVC.
- ✚ Reloj de puerto E1: Soporta reloj local con una deriva máxima menor de 50 ppm ó se puede extraer el reloj del flujo E1.
- ✚ Valores de VPI/VCI en cada puerto ADSL: VPI: 0-15, VCI: 32-127.
- ✚ Valores de VPI/VCI en cada puerto E1: VPI: 0-15, VCI: 0-511.
- ✚ Soporta un máximo de 32 PVC por cada E1, incluido un PVC para la Gestión NMS. El MA-5105 soporta un solo PVC para el NMS y puede ser configurado en cualquiera de los puertos E1.

Características de la Tarjeta ADLA [25]

Proporciona el servicio ADSL. A través del filtro pasabajo del splitter, se separa la señal ADSL de la señal POTS. Utiliza modulación Multitono Discreto (DMT). El rango de frecuencias para upstream es de 26 – 138 khz para alcanzar una velocidad de transmisión de 896 kbps. Downstream ocupa un rango de 138 – 1104 khz, y se alcanza una velocidad de 8160 kbps.

- ✚ Cumple con las normas del Comité T1.413 y con las Recomendaciones de la UIT G.991.1 y G.991.2.
- ✚ Las conexiones se logran a través de PVC.
- ✚ Cada tarjeta tiene un máximo de 16 puertos ADSL, y cada MA-5105 soporta 2 tarjetas ADLA.
- ✚ Cada puerto está protegido contra bajos voltajes y sobre voltajes de acuerdo a la Recomendación K.20.
- ✚ Velocidades: En modo G.dmt: Upstream: 640 kbps, Downstream: 8.0 Mbps.
En modo G. Lite: Upstream: 512 kbps, Downstream: 1.5 Mbps.
- ✚ Permite velocidades adaptativas en pasos de 32 kbps.

Se calificaron las líneas de los abonados con la pareja de instrumentos SLT 11 y 21, específicos para la medición de líneas ADSL, ubicando cada uno en los extremos del par. Se programó una máscara con las mediciones para ADSL a fin de que el par de cobre la superara. La Figura 3.24 es una pequeña muestra de los resultados en un par correspondiente a un abonado.

SLT Test Results

```

=====
Date       : 01/07/2004 / 12:44:38   f-range    : 10...2000 kHz
Template   : Brate-R                 Filter      : G
Test type  : Auto Test               Impedance   : 100 Ohm
Result     : Pass                    Level       : 10 dBm
=====

```

DMT - Analysis

```

-----
Location           ATU-R
PSD                -40.0 dBm/Hz
Max bitload        12 bps/Hz
Capacity           72 %
Min noise up       -94.0 dBm
Min noise dn       -109.0 dBm
Gap                15.8 dB
Upstream Ch        7 - 30
Downstream Ch      38 - 255

```

Figura 3.24 Ejemplo de muestra de una medición de pares para ADSL.

Los resultados de las mediciones fueron positivos¹¹. Se pasaron tonos por todos los subcanales DMT, con ellos se obtuvo la relación S/N para cada frecuencia así como la capacidad del canal expresada en bits/Hz de ancho de banda, cercano a 12. Shannon indicó como límite teórico el valor de 15 bits/Hz. [28]. La Figura 3.26 muestra la utilización de los canales ascendente y descendente. Las depresiones indican un deterioro en la relación señal – ruido de modo que se asignan menos cantidad de símbolos a la constelación durante la modulación DMT y la capacidad disminuye hasta 10 bits/Hz en las subbandas afectadas.

Los resultados finales no se han obtenido todavía porque recién comienzan las instalaciones a los clientes seleccionados. El Anexo 2 detalla la configuración del equipamiento empleado y su instalación. A continuación, una muestra de los resultados de la medición de los pares.

¹¹ Medición efectuada con instrumentos SLT 11 y 21.

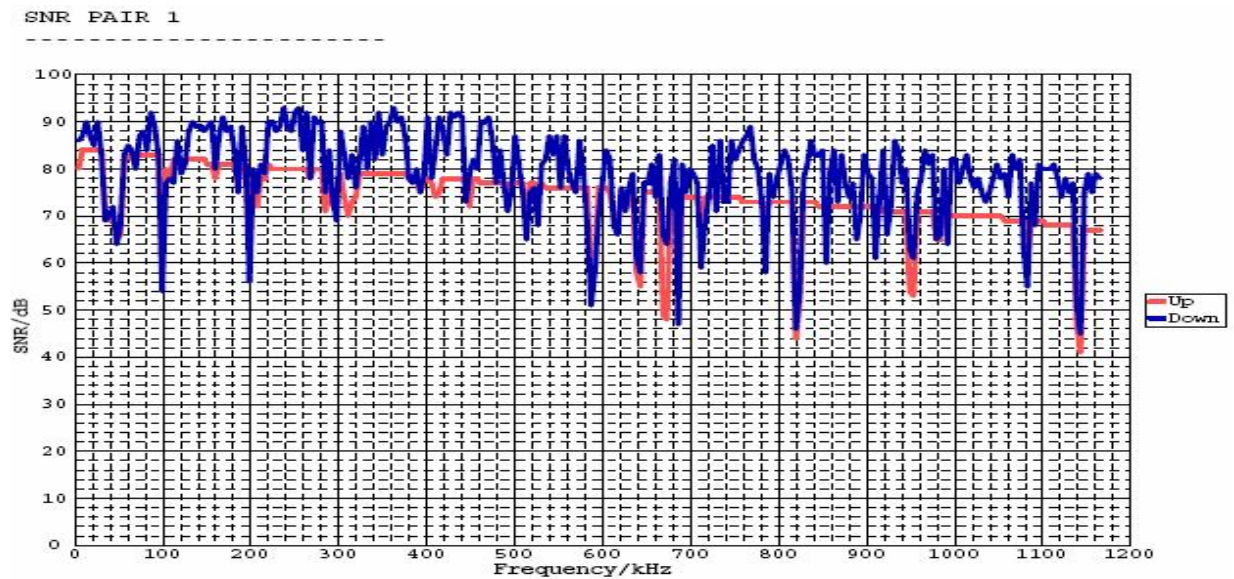


Figura 3.25 Medición de la relación S/N.

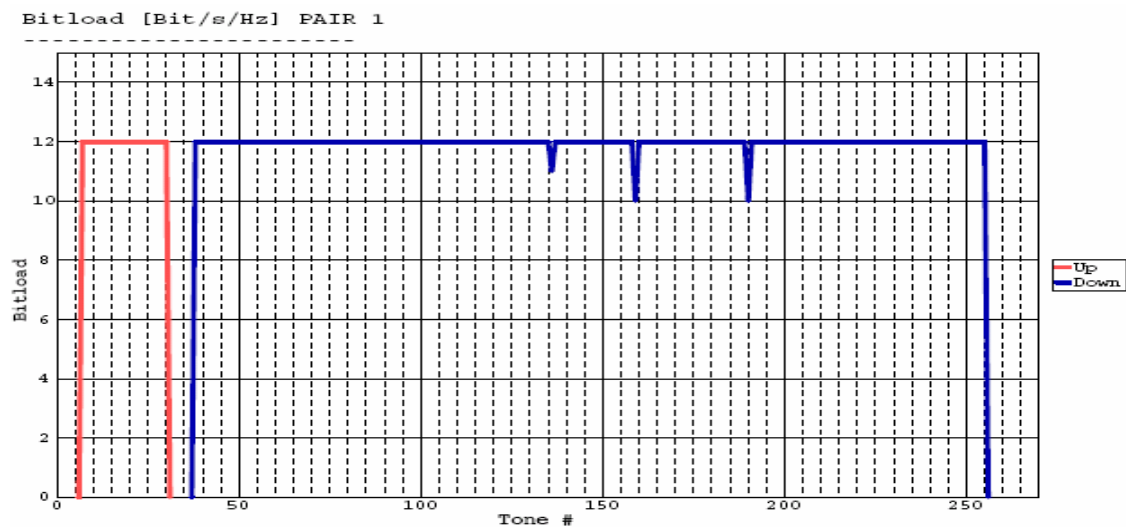


Figura 3.26 Medición de bits/Hz de ancho de banda

3.5. Elementos de análisis económico.

La inversión en nuevas tecnologías debe estar justificada por la imposibilidad de las redes existentes en responder a la demanda de nuevos servicios. El éxito de las inversiones depende de la implementación de una red flexible y con posibilidades de evolución.

La Tabla 7 establece una comparación entre las tecnologías más frecuentemente utilizadas para el acceso a los clientes. Aunque los datos de la tabla de referencia tienen cuatro años de antigüedad, los precios han continuado su tendencia a disminuir proporcionalmente para todas las tecnologías, de modo que continúa xDSL demostrando ser económicamente factible en relación al resto de las soluciones mencionadas. Su instalación puede realizarse en horas, los costos por milla representan el 2,5 % de los costos de los enlaces mediante fibra óptica, las Centrales se acondicionan según la demanda de clientes y no hay que realizar cambios dentro del conmutador de la misma, se garantiza seguridad ya que el medio no es compartido y la infraestructura de cobre instalada se reutiliza a la vez que se transita hacia las comunicaciones de banda ancha. [38]. En el caso de ADSL, no ocupa órganos de conmutación en las Centrales mientras se navega por Internet. Existen en el mercado variantes tecnológicas que minimizan el consumo de potencia en los equipos. El uso de estas tecnologías como alternativa, permitirá en el futuro migrar hacia las redes de próxima generación, donde el enlace entre los puntos de presencia y el cliente serán a través de líneas de abonado digital.

Alternativas	Costo	Tiempo de Instalación
Fibra Óptica	> \$ 20 000 / milla.	Meses
Cable Coaxial	> \$ 10 000 / milla.	Meses
Cable de cobre acondicionado con repetidores	> \$ 5 000 / milla.	Semanas
xDSL	> \$ 500 / milla.	Horas

Tabla 7 Referencia de costos por milla de diferentes tecnologías de acceso. [41]

La Tabla 8 es un reflejo de los niveles de penetración de las Tecnologías DSL en el mundo, que solo en el año 2003 experimentaron un crecimiento de 25 millones de clientes, alcanzándose 55 millones de líneas DSL distribuidas en todo el mundo, y se espera que a finales del 2004 la cifra ascienda a 62 millones de líneas, según reportes del DSL Forum. [42]

	País	Total Clientes DSL (miles)		País	Total Clientes DSL (miles)
1	Japón	9,228.6	11	Reino Unido	1,414.7
2	USA	8,243.5	12	Brasil	837.7
3	China	7,817.4	11	Bélgica	706.0
4	Corea del Sur	7,069.4	11	Hong Kong	660.0
5	Alemania	4,252.0	15	Países Bajos	643.6
6	Francia	2,429.5	16	Suecia	508.0
7	Taiwán	2,374.0	17	Dinamarca	416.5
8	Canadá	2,027.7	18	Suiza	383.0
9	Italia	1,672.0	19	Israel	358.0
10	España	1,433.4	20	Australia	333.0

Tabla 8 Países con mayor cantidad de clientes DSL¹². [42]

En el caso de Cuba, de la fibra óptica, los costos por kilómetro, incluyen: cable, empalmes, distribuidores digitales ópticos (ODF) y de instalación. A esto se le podrían añadir los costos del equipamiento SDH para el tránsito de la información.

Por ejemplo: Un cable óptico de 12 fibras tiene un precio 2.2 dólares por metro, los empalmes se realizan cada 4 km aproximadamente, la fibra hay que terminarla en ODF en cada extremo del enlace, y la instalación depende si la misma se realizará con el tendido de la fibra aérea o soterrada. La Tabla 9 ilustra los precios de instalación de la fibra óptica, con un promedio de \$4400/km en un enlace sin empalmes. A esto se le podría sumar \$250 / empalme cada 4 km, y posteriormente considerar el equipamiento SDH que va a portar la información. Los precios de los equipos de más baja capacidad se muestran en la Tabla 10.

¹² Datos actualizados el 30 de Septiembre del 2003.

Detalle	Costos (USD)	Observaciones
Cable	2200 USD/Km	Cable de 12 fibras ópticas
Empalme	250 USD/empalme	1 empalme cada 4 km
ODF	1200 USD/enlace	600 USD cada extremo
Instalación aérea	930 USD/Km	
Instalación soterrada	1480 USD/Km	
Totales	4330 USD/Km 4480 USD/Km	Aérea sin empalmes Soterrada sin empalmes

Tabla 9 Costos para Cuba de la fibra óptica.¹³

Fabricante	Modelo	Capacidad	Costos (USD)
Alcatel	1640 Fox	16 E1 (2.048 Mbps)	8600
Huawei	Metro 500	16 E1(2.048 Mbps)	6500
Siemens	VCT-S	8 E1 (2.048 Mbps)	7400

Tabla 10 Costos aproximados de equipos SDH. 13

La muestra los precios del equipamiento ADSL ofertado en Febrero del 2004 por la firma Huawei de un DSLAM MA-5105, que es el de más baja capacidad, Los de otros fabricantes como Alcatel y Zyxel, no difieren mucho en sus precios de los que se muestran.

¹³ Fuente: Datos de Gerencia de Planeamiento Operativo UNR. ETECSA. 2004.

Cantidad de ADSL por Tarjeta e Interfaz	Precio USD
16 ADSL con interfaz ATM	6265
16 ADSL con interfaz FE	6928
16 ADSL con interfaz IMA	9181

Tabla 11 Precios del DSLAM MA-5105 Huawei¹⁴

Los precios de los módems de usuarios para diferentes marcas oscilan en Febrero 2004 entre 50 y 130 dólares, en dependencia de la marca, funcionalidades adicionales como router y firewall incluidos, servicios NAT que soporte, interfaces, etc.

Aunque los precios han disminuido considerablemente en relación al año 1999, observe que la fibra hay que instalarla, con un costo aproximado de 4500 dólares por kilómetro, sin añadir empalmes y sin contar el tiempo de trabajo en las obras civiles a ejecutar, mientras que la red de cobre está instalada y no hay que hacer inversiones. Los tiempos de instalación son mínimos en comparación con los de la fibra.

Existen cuatro elementos básicos que determinan el costo de la red de acceso. [10]. Estos son:

Costo = f (Costo Unitario. Elasticidad. Factor de Agrupación. Volumen.)

- ✚ Costo unitario de los elementos que integran la red de acceso.
- ✚ Elasticidad de la red. Es un parámetro determinado por la mayor o menor longitud que puede alcanzar la red de acceso.
- ✚ Factor de Agrupación. Es un factor determinado en función de la densidad de la red de acceso y la distribución geométrica de esa densidad.
- ✚ Volumen total.

En función de estos elementos se deben diseñar las áreas básicas de forma tal que se cumpla el principio de obtener el mayor desarrollo de la red de acceso con el costo más racional de la inversión.

¹⁴ Fuente: Datos de oferta de la firma Huawei.

Asociado al costo de la red de acceso de cobre esta el costo de la implantación de las unidades de conmutación y los equipos de energía para garantizar la alimentación de los mismos.

Con todos los suministradores se cumple que el menor costo unitario es cuando se instalan bastidores ocupados en su capacidad completa o múltiplos de los mismos, en correspondencia con la modularidad de cada uno de los diseños.

Instalar bastidores con capacidades menores de 1000 líneas representa un costo adicional en la inversión. El costo aumenta en la medida en que es menor el número de líneas, siendo mas criticas las configuraciones en el entorno de las 512 y 256 capacidades. [10].

Si comparamos equipamiento, los precios de los DSLAM son inferiores a los de SDH para fibra. Las comparaciones son delicadas, porque dependen de un gran número de variables que no son fácilmente predecibles ya que intervienen muchos elementos de mercado, facilidades de pago, y otras condiciones de las ofertas que hay que valorarlas en su conjunto. No obstante, estos elementos podrían servir de referencia para observar las ventajas de las Tecnologías xDSL sobre otras de acceso de un modo económico. Hasta aquí los elementos de análisis económico.

En este Capítulo se han resumido experiencias acerca de las aplicaciones que en Cuba se le están dando a las Tecnologías xDSL. Se han analizado otros servicios que pudieran ofrecerse en el entorno nacional y cómo podrían implementarse, incluyendo la mejora al sistema de videoconferencias. Se han sugerido recomendaciones que serán sintetizadas en la siguiente sección. Se ha abordado el tema del equipamiento haciendo referencia a dos importantes pruebas de campo que tienen lugar en estos momentos (Febrero 2004) con vistas a iniciar el despliegue de soluciones aún sin explotar y minimizar los problemas que fueron abordados en el Capítulo 2, además de suministrar elementos que permitan hacer una valoración económica que contribuya a estimular la penetración de estas tecnologías en el país.

Conclusiones y Recomendaciones

En la presente sección se expondrá de forma resumida los resultados del trabajo de tesis, así como las recomendaciones para un despliegue más exitoso de las tecnologías xDSL por parte de ETECSA debido a su alto impacto social, atendiendo a que nuestro país enfrenta el reto de continuar elevando los niveles de conectividad en el entorno nacional y de densidad telefónica mediante la expansión de tecnologías xDSL simétricas y comienza su preparación para el despliegue de las asimétricas con una serie de medidas y pruebas de campo para su evaluación.

Conclusiones

- ✚ xDSL es una alternativa aplicable a las condiciones económicas de nuestro país. Con pequeñas inversiones en el acondicionamiento de la Central, pueden llevarse los servicios de banda ancha al cliente de forma progresiva y más eficiente, reutilizando la infraestructura de cobre ya instalada.
- ✚ Puede brindarse una cartera amplia de nuevos servicios con sus diferentes formas de implementación, integrando verdaderamente en un solo medio voz, datos y video.
- ✚ Por la compatibilidad de ADSL y GHDSL con ATM es posible brindar servicios a usuarios ATM con Calidad de Servicio mediante el empleo de los diferentes protocolos de la capa de adaptación (AAL) y con las diferentes categorías de servicio. No queda excluido el empleo de servicios FR en lo que le sean configurados el CIR y la razón de información en exceso, entre otros.
- ✚ En Cuba la inserción de servicios de banda ancha para el acceso a Internet está limitado por las capacidades y precios del enlace internacional pero el desarrollo de la red de fibra óptica nacional y de la red ATM abren las puertas para la implementación de accesos de banda ancha en el mercado de las redes interconectadas en el ámbito nacional, basadas en redes corporativas que aumenten la eficiencia de las producciones y servicios a la población apoyados en la creación de software de aplicación que utilicen las capacidades nacionales.

- ✚ La integración de las Tecnologías xDSL con ATM permitirá mediante el empleo de plataformas multiservicio basadas en PVC aprovechar las ventajas de las aplicaciones descritas en el trabajo
- ✚ Las aplicaciones de VoDSL requieren implementar en las Centrales las funcionalidades de adaptación alcanzables mediante interfaces V5.1 o V5.2.
- ✚ El comportamiento de estas tecnologías en el mundo le han asegurado altos niveles de crecimiento sostenido y amplia penetración a nivel internacional, lo cual permite pronosticar el éxito en Cuba.
- ✚ La adquisición de centrales con posibilidad de utilizar voz sobre AAL2, como la Alcatel 1000 MM E10, sería un paso en la evolución hacia ATM como manera de usar eficientemente los recursos y poder proporcionar más servicios con las capacidades de transporte instaladas.

Aunque a lo largo de los capítulos 2 y 3 se han insertado recomendaciones, se sintetizarán los puntos más importantes a fin de reunir experiencias que puedan servir para un despliegue de las Tecnologías xDSL, que la Empresa de Telecomunicaciones de Cuba, tiene la responsabilidad de llevar adelante.

Recomendaciones

- ✚ Ampliar el espectro de utilización de las tecnologías xDSL
- ✚ Adquirir equipamiento estandarizado por ANSI y ETSI para garantizar interoperabilidad con otros equipamientos y estar en mejor situación ante agresiones económicas
- ✚ Prestar especial atención a las tecnologías con mejores prestaciones como G.SHDSL y ADSL.
- ✚ Adquirir tecnologías de avanzada para acceso a Internet como ADSL2 y ADSL2+.
- ✚ Atendiendo al comportamiento asimétrico del tráfico de Internet, resulta recomendable el empleo de portadoras asimétricas en el acceso satelital, lo que produciría un uso más eficiente del medio.
- ✚ Prestar atención al tema de las tarifas para lograr que constituya un factor estimulante para el desarrollo de estos servicios.

- ✚ Priorizar la introducción de ADSL en las Centrales con mayores niveles de congestión.
- ✚ Aprovechar las potencialidades de las Centrales que incorporan DSLAM en sus bastidores
- ✚ Continuar ganando pares en la planta exterior.
- ✚ Adquirir equipamiento especializado de medición para líneas xDSL.
- ✚ Garantizar la cantidad necesaria de equipamiento de medición en los territorios donde se lleven a cabo las instalaciones.
- ✚ Realizar mantenimiento integral al lazo de abonado para que pueda soportar los nuevos servicios con equipos xDSL.
- ✚ Asegurar la toma de tierra de los cables de cobre que permitan la protección ante fenómenos atmosféricos.
- ✚ Continuar impartiendo Cursos de Capacitación sobre Tecnologías xDSL para el personal de Planta Exterior sobre instalación, mediciones y medidas de seguridad.
- ✚ Mantener un orden de prioridad en la reparación de pares en la planta externa en dependencia de la capacidad del servicio afectado y su importancia.
- ✚ Garantizar la logística necesaria con los proveedores.
- ✚ Controlar la técnica instalada en el país para localizar rápidamente los recursos disponibles.
- ✚ Hacer una eficiente gestión de los servicios para minimizar el tiempo de afectación al cliente.
- ✚ Implementar un plan de numeración en la red ATM que permita el establecimiento de conexiones virtuales conmutadas, además de las conexiones permanentes que son las únicas que se ofrecen, para tener mayor agilidad en el despliegue de servicios DSL.
- ✚ Promover mediante el empleo de Tecnologías xDSL el desarrollo de VPN en el ámbito empresarial.

Poner en práctica estas recomendaciones permitirá optimizar la infraestructura de cobre existente y por instalar, minimizar los gastos de operación y mantenimiento e incrementar la eficiencia de la Red de Telecomunicaciones de Cuba.

Referencias Bibliográficas¹⁵

- [1]. Ahciet. "Curso en línea de red de tecnologías de acceso de banda ancha". Disponible en: <http://www.ahciet.es/cursos>, 2003.
- [2]. Alcatel, "Módems ADSL," presentado en ETECSA, 2003.
- [3]. Alcatel, "Manual de Instalación HDSL PL-2", 2000, pp.10 - 25.
- [4]. Aware, "ADSL2 and ADSL2+. The new ADSL Standards". Disponible en: <http://www.aware.com/download>, 2004.
- [5]. Aware, "Reach-extended ADSL2 standard White Paper". Disponible en: <http://www.aware.com/download>, 2004.
- [6]. Betancourt, N. C., "Centro de Gestión Regional Metropolitano," Maestría en Telemática. Habana: CUJAE, 2000.
- [7]. Bingham, J., ADSL, VDSL & Multicarrier modulation. New York, 2003, pp. 34-35.
- [8]. Byeong, O. Y. L., Broadband telecommunications technology. Boston, 2001, pp. 35-50.
- [9]. DSLF, "Channelized Voice over DSL. White Paper", 2003.
- [10]. ETECSA, "Principios y fundamentos de la Red Objetivo." Disponible en: www.tel.etecsa.cu/wwwgpe , 2000.
- [11]. ETECSA, "Red de distribución de cables de cobre de la planta exterior. Requisitos, Planeamiento y Proyección," 2002, pp. 11-13.
- [12]. ETECSA, "Tarea Técnica Prueba de Campo ADSL v2.1," 2004.
- [13]. ETECSA, "Tarea Técnica Ampliación del Sistema de Videoconferencias", 2003.
- [14]. Fernández José, "Desarrollo de las Telecomunicaciones en Cuba". Presentado en Seminario Internacional de Telecomunicaciones. Habana, 2003.
- [15]. Forum-ATM, "Loop Emulation Service using AAL2," 2000.

¹⁵ Referencias según software EndNote 5.0. Estilo: IEEE.

- [16]. Forum-DSL, "BT Attractions of SHDSL, SHDSL Network Products and Current SHDSL issues." Disponible en: http://www.dslforum.org/aboutdsl/shdsl_index.html, 2000
- [17]. Forum-DSL, "GSHDSL, Birth of the Feather Session." Disponible en: http://www.dslforum.org/aboutdsl/shdsl_index.html, 2000
- [18]. García A. G., "Proyecciones del empleo de soluciones xDSL en Cuba," presentado en Memorias del XI Seminario Internacional de Telecomunicaciones. La Habana, Abril 2003.
- [19]. García A. G., "Tecnologías xDSL," Diplomado en Telemática. Habana: CUJAE, 2001.
- [20]. García A. G., "xDSL, una tecnología prometedora," presentado en Memorias del XIII Simposio Internacional de Ingeniería Eléctrica. Villa Clara, Noviembre 2003.
- [21]. García A. G., Moliner C, "Aplicaciones de xDSL en Cuba (III Parte)" GIGA. Revista Cubana de Computación, vol. 6, 2001.
- [22]. Gillespie, A., Access Networks: Technology and V5 Interfacing. Boston., 2002, pp. 5-34.
- [23]. Hemmrich, R., "Servicios de entretenimiento de banda ancha sobre DSL: pruebas actuales," Alcatel, vol. 2, 2002.
- [24]. Huawei, "Especificaciones Técnicas ADSL." Disponible en: <http://www.huawei.com/products>, 2003
- [25]. Huawei, "Manual de Instalación DSLAM 5105," 2003, pp. 51 - 65.
- [26]. IEC, "Voice over Digital Subscriber Line." Disponible en: [http://www.iec.org/online/tutorials/BroadBand Access/vodsl.pdf](http://www.iec.org/online/tutorials/BroadBand%20Access/vodsl.pdf), 2003
- [27]. Kessler, Gary, S, P, "ISDN", pp.344-395, 2000.
- [28]. Kustra Ruben O, O. T., Principios de comunicaciones digitales. España, 2000, pp. 563-573.
- [29]. Lane, R., "DSL Nirvana," Outside Plant, pp. 40 - 55, 2002.
- [30]. Lee, G., "ADSL Technologies: moving toward," Outside Plant, vol. 2, 2003.

- [31]. Line, T. O., "Tutorial de ADSL." Disponible en: <http://www.softdownload.com.ar>., 2001.
- [32]. Merriman, P., "Video sobre arquitectura DSL," Alcatel, vol. 4, 2000.
- [33]. MIC "Resolución 180," Ministerio de la Informática y las Comunicaciones, 2003.
- [34]. Mounier, I., "Lowering de iTV barriers." Disponible en: <http://www.noticiasdot.com/publicaciones/2004/0104/1001/noticias100104/noticias100104-21.htm>, 2
- [35]. Neyra, A. B. "Propuesta de implementación de la tecnología de redes privadas virtuales en la Intranet de ETECSA", Maestría en Telemática. Villa Clara, 2004.
- [36]. Ortiz, A. B., "Tecnologías de acceso de banda ancha para el transporte ATM. Valoraciones y Recomendaciones," Maestría en Telemática. Habana: CUJAE, 2003.
- [37]. Patrik Nilsson, M. P., ANx - high speed internet access. Suecia, 2002, pp. 24-31.
- [38]. R. Heron, H. S., B. Van Doorselaer, S. Schelstraete, P. Spruyt, "Evolving the Access Network Beyond ADSL," 2002.
- [39]. RAD Data Communications "2002 Catalog", pp. 47 – 57.
- [40]. Senia, A., Moliner C, "Tecnologías xDSL. Nuevos Servicios sobre soportes existentes (1 parte)," GIGA. Revista Cubana de Computación, vol. 4, 2001.
- [41]. Star, T., "Costs between access technologies." Disponible en: http://www.dslforum.org/store.htm?page=store/dslf_pubs.html, 2001
- [42]. Star, T., "Growth to Broadband DSL Connections." Disponible en: http://www.dslforum.org/PressRoom/news_US.html, 2004
- [43]. Sunrise Telecom, "Sunset xDSL. Guía de Referencia Rápida".Disponible en: <http://www.sunrisetelecom.com>, 2002.
- [44]. Telindus, Productos y Soluciones. Bélgica, 2004, pp. 60-66.
- [45]. Telmax, E. T., "TelMax AN1 TelMax POTS PG 100402 - Sp - Letter.pdf." Disponible en: <http://www.telspec.es>, 2003
- [46]. Telspec, "Sistema Digital Multiplicador de Pares y RDSI. Descripción general", 2003.
- [47]. UIT-T, "Recomendación UIT-T G.992.1 Transceptores de línea de abonado digital asimétrica," 1999.

- [48]. UIT-T, "Recomendación UIT-T G.996.1 Procedimientos de prueba para transceptores de líneas de abonado digitales," 1999.
- [49]. UIT-T, "Recomendación UIT-T G.997.1 Gestión de capa física para transceptores de línea de abonado digital," 1999.
- [50]. UIT-T, "Recomendación UIT-T.K20. Protecciones eléctricas.," 1999.
- [51]. UIT-T, "RFC 2684. Multiprotocol Encapsulation over ATM Adaptation Layer 5.," 1999.
- [52]. Wieland, K., "Can DSL live without ATM?," Telecommunications Magazine, pp. 12-13, 2001.
- [53]. Znaty Simon. "Arquitectura TCP/IP y red de Internet". Presentado en ETECSA. Disponible en: <http://www.efort.com>
- [54]. Zoom, "Technical Specifications Modems X4 ADSL." Disponible en: <http://www.zoom.com>, 2003.

Bibliografía

- [1]. Bautista, J., "Comparación entre tecnologías de acceso de banda ancha para el último kilómetro: El caso Colombiano." Disponible en:
<http://suma.idc.usb.ve/~cita2002/CITA-Documentos/Articulos/001.pdf>, 2003
- [2]. C. Storry, C. V., C. Van Boven, Ph. Dégery., "Desde Internet de alta velocidad al ocio interactivo sobre acceso de banda ancha," Alcatel, vol. 2, 2002.
- [3]. Chen, W. Y., "The development and standardization of asymmetrical digital subscriber line," IEEE Communications Magazine, vol. 37, pp. 68-72, 2002.
- [4]. DSL, F., "ATM over ADSL," Forum DSL TR-042, 2001.
- [5]. ECI Telecom, "xDSL solutions". Disponible en : <http://www.ecitele.com/solutions>, 2004
- [6]. Especificación-ANSI, "Network and Customer Installation Interfaces- Asymmetric Digital Subscriber Line (ADSL) Metallic interface, T1.413," vol. 2, 1998.
- [7]. Especificación-ETSI, "ETSI-101-524 v1.2.1. SHDSL," 2003.
- [8]. Forum-ATM, "Addendum to Traffic Management V4.1 for an Optional Minimum Desired Cell Rate Indication for UBR," 2000.
- [9]. Forum-ATM, "Guaranteed Frame Rate (GFR) Signalling (PNNI, AINI, and UNI)," 2000.
- [10]. Juras, W., "The future of SHDSL." Disponible en:
http://www.dslforum.org/aboutdsl/shdsl/juras_infineon_BOF.ppt, 2002
- [11]. Susan, B., "Helping copper grow," Telephony, pp. 28-32, 36-37, 2003.
- [12]. Susan, B., Getting ANSI with HDSL2, 2000, pp. 40.
- [13]. Telmax, E. T., "TelMax AN1 TelMax POTS PG 100402 - Sp - Letter.pdf." Disponible en: <http://www.telspec.es>, 2003
- [14]. UIT-T, "More results for Range Extended ADSL," UIT-T Document D588, Genova 2003.
- [15]. UIT-T, "Performance Numbers for Range Extended ADSL," UIT-T Document D587, Genova 2003.

- [16]. UIT-T, "Range Extended ADSL: Proposed Evaluation Conditions," UIT-T Document, Osaka-Japón, Report 2002.
- [17]. UIT-T, "Recomendación UIT-T G.991.1 Transceptores de línea digital de abonado de alta velocidad binaria," 1998.
- [18]. UIT-T, "Recomendación UIT-T G.991.2 Transceptores de línea digital de abonado de alta velocidad de un solo par," 2001.
- [19]. UIT-T, "Recomendación UIT-T G.992.1.H Requisitos específicos para un sistema de línea de abonado digital simétrica sincronizada que funciona en el mismo enlace vinculador de cable que la RDSI definida en UIT-T G.961 Apéndice III.," 2000.
- [20]. UIT-T, "Recomendación UIT-T G.992.2 Transceptores para línea de abonado digital asimétrica sin divisor," 1999.
- [21]. UIT-T, "Recomendación UIT-T G.992.3 Asymmetric Digital Subscriber line transceivers (ADSL)," 2002.
- [22]. UIT-T, "Recomendación UIT-T G.992.4 Transceptores para línea de abonado digital asimétrica 2 sin divisor," 2002.
- [23]. UIT-T, "Recomendación UIT-T G.993.1 Fundamentos de línea de abonado digital de velocidad muy alta," 2001.
- [24]. UIT-T, "Recomendación UIT-T G.994.1 Procedimientos de toma de contacto para transceptores de línea de abonado digital," 1999.
- [25]. UIT-T, "Recomendación UIT-T G.995.1 Visión de conjunto de las Recomendaciones sobre líneas de abonado digitales," 1999.
- [26]. UIT-T, "Recomendación UIT-T.K20. Protecciones eléctricas.," 1999.
- [27]. Verhoeyen, M., "Servicios de distribución de voz sobre DSL," Alcatel, vol. 4, 2000.
- [28]. Walter, G., "XDSL loop qualification and testing," IEEE Communications Magazine, vol. 37, pp. 18-20, 2002.
- [29]. Williamson, J., "Getting a grip," Global Telephony., vol. 7, pp. 3-4, 2002.
- [30]. Zimmerman, G., "HDSL2 tutorial: spectral compatibility and real - world performance advances.," Pairgain Technologies, pp. 1-12, 2000.

Glosario de Siglas y Términos

AALx	ATM Adaptation Layer (x toma valores entre 1 y 5)
ATM.	Asynchronous Transfer Mode. – Modo de Transferencia Asíncronico
BRAS	BRoadband Access Server – Servidor de Acceso de banda ancha
CAP	Carrierless Amplitude and Phase Modulation
CDV	Cell Delay Variation
CLR	Cell Loss Rate
CSNMM	Siglas del bastidor de línea de las Centrales Alcatel.
DHCP	Dinamic Host Configuration Protocol
DLC-RT	Digital Loop Carrier Remote Terminal.
DMT	Discrete MultiTone Modulation
DWMT	Discrete Wavelet Multitone
ENET	Etecsa NETwork. Proveedor de Servicio de Internet (Infocom).
EOC	Echo of Canceller. – Cancelación de eco
ETECSA	Empresa de Telecomunicaciones de Cuba Sociedad Anónima.
FEC	Forward Error Correction – Corrección de Errores hacia delante.
FR	Frame Relay.
GK	Gatekeeper
IAD	Integrated Access Device – Equipo de Acceso Integrado
ISP	Internet Service Provider – Proveedor de Servicios de Internet
LAN	Local Area Network – Red de Area Local
MCU	Multipoint Control Unit. – Unidad de Control Multipunto.
MEGACO	Media gateway Control
MGC	Media Gateway Control Protocol

MMCS	Multimedia Call Server
MRTG	Multi Router Traffic Grapher.
NAP	Network Access Point – Punto de Acceso a la Red
NAT	Network Address Translator
NT	Network Terminador – Terminador de Red.
OLT	Optical Line Terminal
ONU	Optical Network Unit
PMEF	Plan de Modernización y Expansión Financiera.
POTS	Plain Old Telephone Service – Servicio Telefónico tradicional.
RDSI.	Red Digital de Servicios Integrados
RTP	Real Time Transport Protocol
SIP	Session Initiation Protocol.- Protocolo de Iniciación de Sesión.
Splitter	Filtro pasabanda divisor formado por un filtro pasabajo y uno pasaalto.
TCPAM	Trellis Code Phase and Amplitude Modulation
UNR	Unidad de Negocios de Red
URA	Unidad Remota de Abonado
VCI	Virtual Channel Identifier – Identificador de canal virtual.
VPI	Virtual Path Identifier – Identificador de ruta virtual
VPN	Virtual Private Network – Red Privada Virtual
X.25	Tecnología de Transmisión de Paquetes de Datos.
xDSL	x Digital Subscriber Line. – Línea de Abonado Digital.

Anexos

1. Procesamiento de Señales.

Los módems DSL se diferencian entre sí entre otros factores en el procesamiento de señales que utilizan para su operación. Cada uno con ventajas relativas para una aplicación en particular. De aquí que se alcancen diferentes velocidades y distancias. Se hará un resumen de estos métodos para distinguir sus diferencias entre los componentes de esta familia, prescindiendo de detalles que pueden encontrarse en las Referencias Bibliográficas y en la Bibliografía.

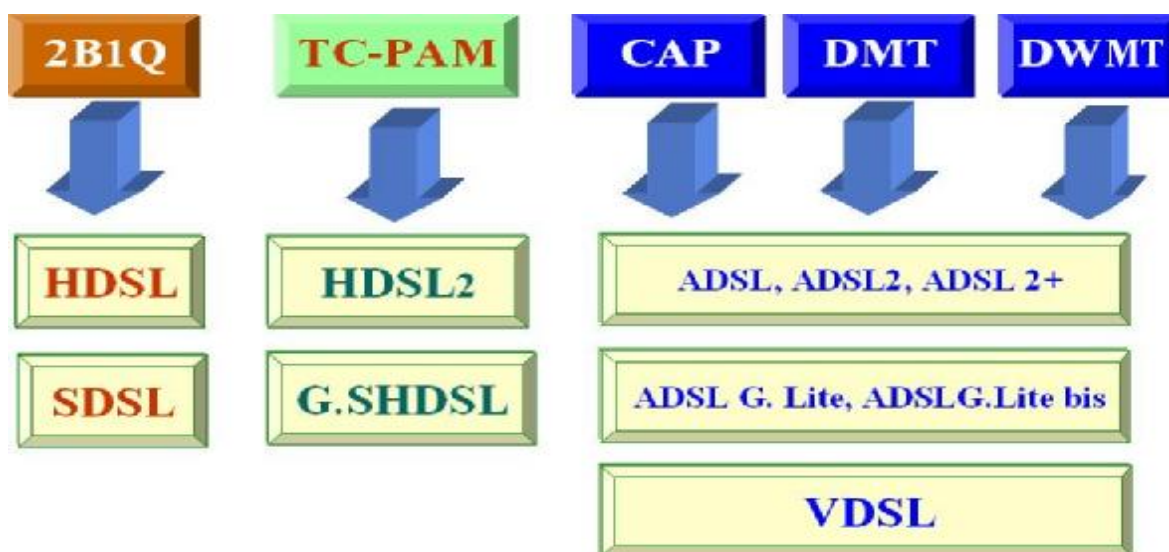


Ilustración 1 Técnicas de procesamiento de señal empleadas por los DSL más comunes. [19]

Codificación de Línea 2B1Q (2 Binario, 1 Cuaternario)

En la codificación de línea 2B1Q cada par sucesivo de bits mezclados en el flujo de datos binario se convierte a un símbolo cuaternario para ser enviado por el transmisor en la interfaz. Tabla 12. En la conversión, el primer dato binario del par se interpreta como la polaridad de la señal (es decir, - para "0" y + para "1"), y el segundo dato binario se interpreta como el nivel (es decir, 3 para "0" y 1 para "1"). Por ejemplo, los datos binarios obtenidos "0110110010110001" se convierte al flujo de símbolos -1, +3, +1, -3, +3, +1, -3, -1. En el receptor cada símbolo cuaternario se convierte en un par de bits invirtiendo el proceso. [22]

El método de codificación de línea 2B1Q tiene varias ventajas sobre otras técnicas de codificación de línea existentes. Primero, la proporción del símbolo se reduce a la mitad después de codificar la línea, así que la señal de acceso básico (2B+D) de 160-Kbps puede transmitirse sobre un ancho de banda de 80-KHz. Sin embargo, la codificación 2B1Q tiene el inconveniente que puede contener un componente de DC.

1er. Bit	2do. Bit	Símbolo Cuaternario
1	0	3
1	1	+1
0	1	-1
0	0	3

Tabla 12 Codificación de símbolos 2B1Q

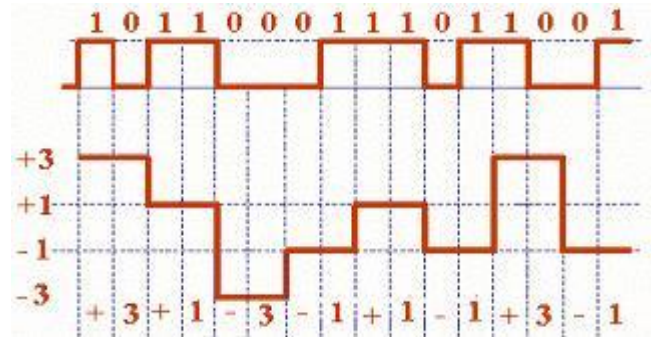
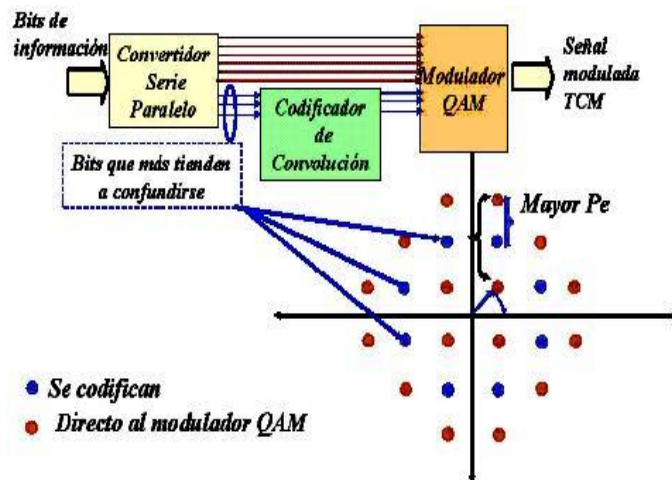


Ilustración 2 Código de Línea 2B1Q

Modulación de Amplitud y Fase con Codificación de Trellis (TC-PAM)

Este método es una combinación de una modulación de amplitud en cuadratura con una Codificación de Trellis. Los bits de información pasan por un convertidor serie – paralelo



para aplicarlos al modulador QAM, donde se formará una constelación haciendo corresponder varios bits de información a un símbolo con el objetivo de crear una señal multivalente y para una misma velocidad del canal, expresada en baudios, elevar la velocidad de transmisión de información, expresada en bits/seg.

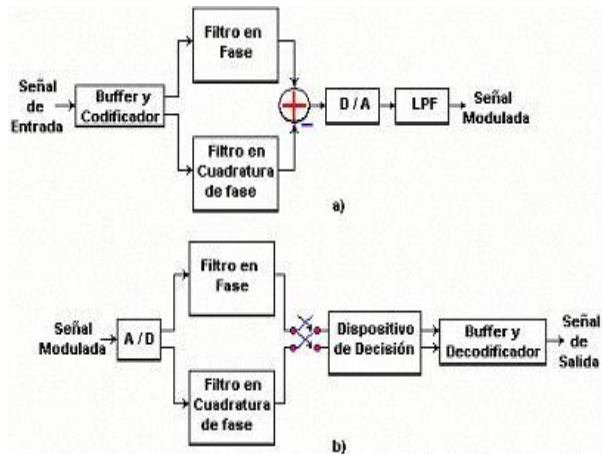
Ilustración 3 Bloques funcionales de TC PAM

Esto mantiene una probabilidad de error determinada. Si se quiere transmitir a mayor velocidad, es preciso seguir incrementando puntos en la constelación, pero la probabilidad de error aumentaría porque se estrecha la zona de decisión para cada símbolo transmitido.

Una vez conocidos los símbolos dentro de la constelación con mayor probabilidad de confundirse, pasar la información correspondiente a esos puntos por un codificador de convolución, haciendo una suma módulo 2 de la señal de información con determinada secuencia. De esta forma los bits de información quedan protegidos y pasan posteriormente al modulador QAM. Este método permite mayores velocidades que las conseguidas con la simple codificación 2B1Q y mayor inmunidad al ruido e interferencias.

Modulación de Amplitud y Fase sin Portadora (CAP).

CAP es una técnica de modulación pasabanda bidimensional derivada directamente de QAM, con la cual tiene en común una constelación par y la misma ocupación de ancho de banda con iguales prestaciones. CAP almacena partes de una señal de mensaje modulada en la memoria y luego ensambla los fragmentos en la onda modulada. La señal portadora se suprime antes de la transmisión porque no contiene información y se restituye en el módem receptor, de ahí la expresión “Carrierless” que significa sin portadora.



Al comienzo de cada transmisión el sistema CAP comprueba la calidad de la línea de acceso e implementa la versión más eficaz de QAM para garantizar una adecuada relación Señal/Ruido (S/N) de la señal recibida. Mientras la S/N sea más alta se asigna una constelación QAM con mayor número de bits por símbolo para la transmisión, por ejemplo 64 QAM. [36]

Ilustración 4 a- Transmisor. b-Receptor (CAP)

El codificador asigna a cada combinación de m bits, correspondientes al símbolo a transmitir, los valores apropiados a las entradas a los filtros en fase y en cuadratura de fase. La suma de las salidas de los filtros mencionados corresponde a las representaciones digitales de las muestras de la señal de salida

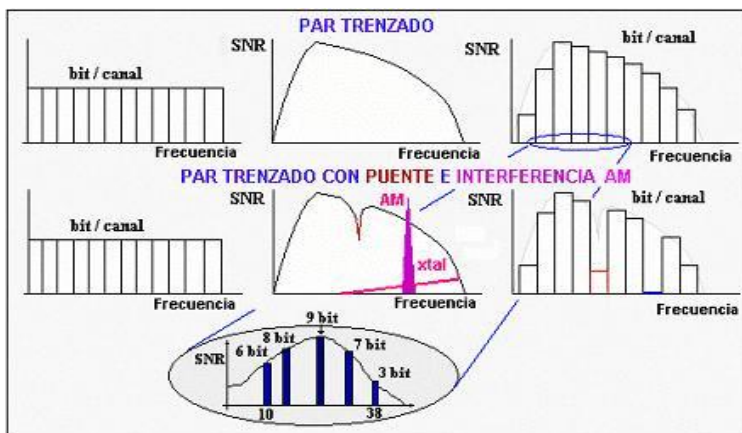
Esta codificación multidimensional acepta el uso de un número fraccionario de símbolos separados, por ejemplo en el caso de CAP32 que tiene 32 puntos en la constelación donde cada punto representa un símbolo de 5 bits, se produce una asignación de 2.5 bits codificados por eje o por dimensión. Los flujos de datos se filtran independientes, se modulan por separado con dos portadoras en cuadratura de fase (In-Phase y Quad-Phase), que se derivan de una misma frecuencia portadora, antes de combinarlos y transmitirlos. Esta modulación ortogonal de la señal se ejecuta digitalmente y se emplean dos filtros pasa banda transversales con igual característica de amplitud y característica de fase que difieren en $\pi/2$ (Par Hilbert). Los flujos procesados se suman, pasan al conversor D/A y se filtran con un pasa bajo antes de la transmisión. En el receptor se realiza el proceso inverso y el dispositivo de decisión toma decisiones sobre los valores del símbolo. La modulación CAP es particularmente buena para implementaciones enteramente digitales y en las aplicaciones donde el ancho de banda del espectro de señal es del mismo orden de magnitud que la frecuencia central del espectro. CAP es comparable a QAM en cuanto a características espectrales y funcionamiento teórico, pero es menos compleja de implementar empleando técnicas digitales.

Las ventajas son su simplicidad en la implementación, por lo que resulta barata. Tiene como desventaja de que no está estandarizada y presenta baja inmunidad al ruido porque utiliza un solo canal para la modulación. Las ráfagas de ruido se produce en intervalos de tiempo cortos, y como una señal limitada en tiempo no puede estar limitada en banda, entonces el ruido afecta a toda la banda reduciendo los bits asignados a la constelación, disminuyendo así la velocidad del enlace.

Modulación Multitono Discreto (DMT).

DMT representa una alternativa eficaz de QAM. Dado que en las líneas de cobre en presencia de ruido sufren más pérdidas las componentes de alta frecuencias. DMT divide los flujos de datos en bloques de datos múltiples, y entonces modula cada bloque de datos en subportadoras diferentes. Una modulación multitono o multiportadora divide el ancho de banda disponible en un amplio número de subcanales idealmente independientes y aislados espectralmente.

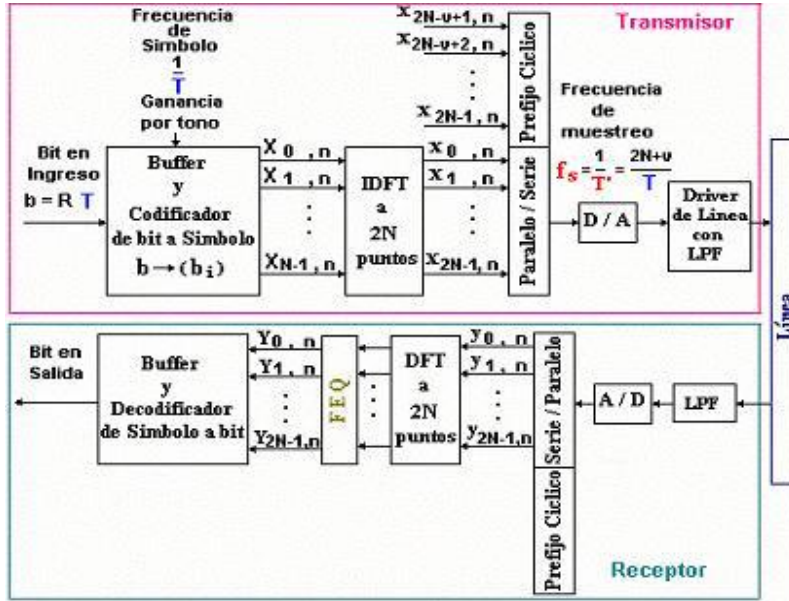
La implementación práctica se realiza mediante implementaciones ortogonales sobre bloques de datos, en un proceso llamado subcanalización. Cada subcanal confina la potencia dentro de una banda estrecha, superponiéndose a los canales inmediatamente adyacentes. En una aplicación real el proceso de subcanalización no consigue un aislamiento espectral perfecto entre subbandas. Las interferencias de banda estrecha (AM) pueden afectar la transmisión destruyendo la señal en tramos del espectro. La modulación DMT puede resolver estos inconvenientes ya que es capaz de adaptarse a las condiciones del canal, asignando un mayor número de bits a aquellos subcanales con mayor relación S/N, y menos número de bits a aquellos con peor relación S/N. Es posible eliminar las interferencias de banda estrecha anulando las subbandas afectadas, optimizando así el uso del ancho de banda del canal. El sistema puede modificar dinámicamente el número de bits asignados a una subportadora o cambiar su energía de transmisión sin cambiar el flujo de datos de modo que el rendimiento para cada subcanal sea máximo. Este mecanismo se denomina Intercambio de Bits (Bits-Swapping).



Se describen los casos de asignación de una línea en condiciones normales y con derivaciones e interferencias de AM. En el segundo caso, se redistribuyen los bits por canal y pueden llegar a anularse subbandas.

Ilustración 5 Sistema DMT adaptándose a las características de la línea.

Previamente a la transmisión de datos, el sistema analiza las características de la línea asignando inicialmente igual número de bits por canal lo que representa la máxima capacidad de transmisión teórica y realiza una transmisión de diagnóstico. Basándose en los resultados de relación S/N obtenidos en cada subcanal, por el transceptor se reasigna el número de bits a un número óptimo y continuará adaptándose a las características de la línea en las transmisiones siguientes.



El objetivo de la inicialización es maximizar rendimiento y fiabilidad de la conexión. Este proceso es independiente del método para separar los flujos Up y Downstream (FDM o EOC). Los atributos del canal incluyen el número de bits y los niveles relativos de potencia a emplear en cada subportadora.

Ilustración 6 Transceiver DMT

En el primer bloque del transmisor, el flujo de bits de entrada a la velocidad de R bps es dividido en bloques de $b = RT$ bits y almacenados en un buffer (T: periodo de símbolo del sistema DMT). Los b bits son divididos entonces en N subbloques b_i , ($i = 0, \dots, N-1$) tal que:

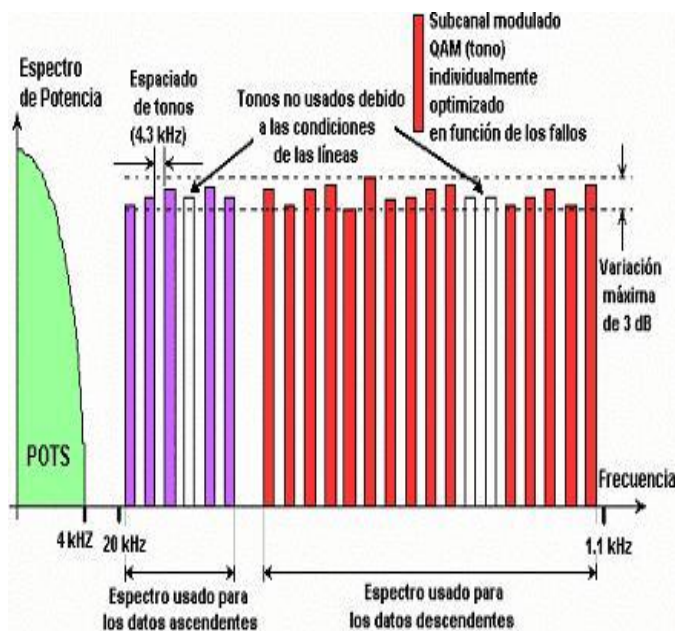
$$b = \sum_{i=0}^{N-1} L \cdot b_i$$

Donde N representa el número de subportadoras del sistema, b_i es la secuencia de bits del subbloque transmitido sobre la i-ésima subportadora del sistema y L es la longitud de dicha secuencia, la cual tiene correspondencia con la constelación QAM seleccionada por el sistema debido a las características de S/N contra frecuencia.

En el segundo bloque los N símbolos QAM (información en el dominio de la frecuencia, correspondiente a los N tonos, con su correspondiente fase y amplitud en formato digital) son procesados en paralelo mediante la Transformada Rápida Inversa de Fourier (IFFT) y a su salida se entregan muestras en el tiempo de señales reales, que cada una tiene un aporte de todas las componentes de frecuencia a la entrada del IFFT las cuales salen en paralelo, por tanto se hacen pasar por un conversor paralelo/serie, para ser entregadas en serie a un conversor D/A, el cual devuelve la señal analógica que finalmente se hará pasar por un filtro pasa bajo para ser transmitida por la línea.

El estándar ANSI T1.413 v.1 emplea DMT como la técnica de modulación para ADSL y sus variantes, así como para VDSL.

El espectro total que se extiende hasta 1.1 MHz, se divide entre 256 subcanales cada subcanal presenta un ancho de banda asociado de 4,3 KHz. La parte más baja del espectro se reserva para permitir la transmisión simultánea de un canal de voz.



Cualquier subportadora individual puede conectarse o desconectarse independientemente cuando se inicialice el módem en función de los requisitos del sistema y de las condiciones prevaletientes en la línea.

La capacidad de transporte de cada subcanal viene dado por la expresión:

$$b(i) = \log_2 \left[1 + \frac{SNR(i)}{9,8 + \gamma_{margin}[dB]} \right]$$

Ilustración 7 DMT en ADSL utilizando FDM

El término γ_{margin} representa el margen prefijado para la relación S/N respecto a la condición de una tasa de error de 10⁻⁷.

DMT tiene ventajas frente a CAP, entre las que se encuentran:

- ✚ Está estandarizado por ANSI y ETSI. Le permite interoperabilidad con otros estándares.
- ✚ Es más inmune a interferencias intersímbolos temporales. Las ráfagas de ruido provocarán la limitación automática de subcanales afectados y los procedimientos de ecualización tienen requerimientos mínimos.
- ✚ Optimización intrínseca de los subcanales (ADSL adaptativo)
- ✚ Requerimientos de ecualización mínimos (canales muy estrechos, pocas distorsiones).
- ✚ Monitoreo activo de las características de la línea.

- ✚ Superior inmunidad al ruido para velocidades más altas
- ✚ Alto nivel de flexibilidad en cuanto a velocidades de datos
- ✚ Puede ser utilizada en líneas donde la técnica CAP no trabaja

Al procesar datos en subcanales separados el sistema se hace más complejo y la sincronización puede tornarse un factor crítico, esta es una principal.

Modulación Multitono Discreto Wavelet. (DWMT).

El esquema de decodificación DWMT está basado en la misma idea del DMT, esto es, dividir el canal en subcanales para hacer uso de las secciones del espectro de la frecuencia que no son afectados por interferencia. Mientras que DMT usa transformadas rápidas de Fourier para decodificar los bits en cada subcanal, DWMT utiliza transformadas Wavelet (algoritmo para descomponer una señal en elementos más simples). El uso de la transformada de Fourier para decodificar bits en el algoritmo DMT genera armónicos que generan interferencias en los canales adyacentes. Sin embargo, la transformada Wavelet produce armónicos de energía más bajo, produciendo menos interferencia entre subcanales adyacentes lo que hace la recepción de la señal más simple y de mejor calidad.

DWMT logra que las componentes de frecuencia fuera del lóbulo principal se encuentren 43 db por debajo de las contenidas en este, mientras que DMT sólo alcanza la cifra de

13db. Ilustración 8

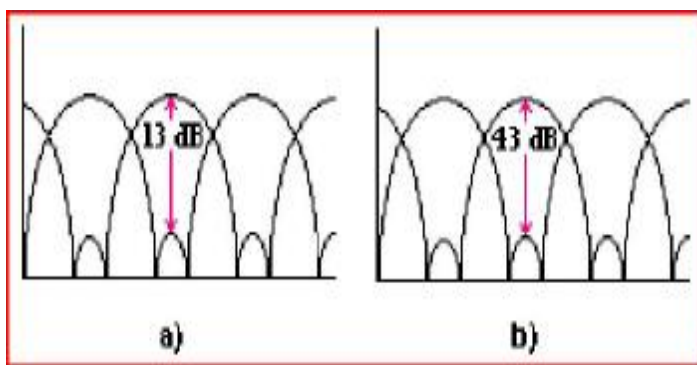


Ilustración 8 Diferencias : a. DMT b. DWMT

Con DWMT, la mayoría de la energía está contenida en los subcanales deseados y no se pierde en armónicos adicionales que resultan de la operación de transformación, lográndose mayor inmunidad al ruido ya que incrementa las diferencias de nivel de 13 db a 43 db entre la señal útil y la indeseable. [47]

2. Detalles de instalación. Pruebas de campo ADSL.

Las pruebas de funcionalidad se realizarán de acuerdo al esquema mostrado en la Ilustración 9

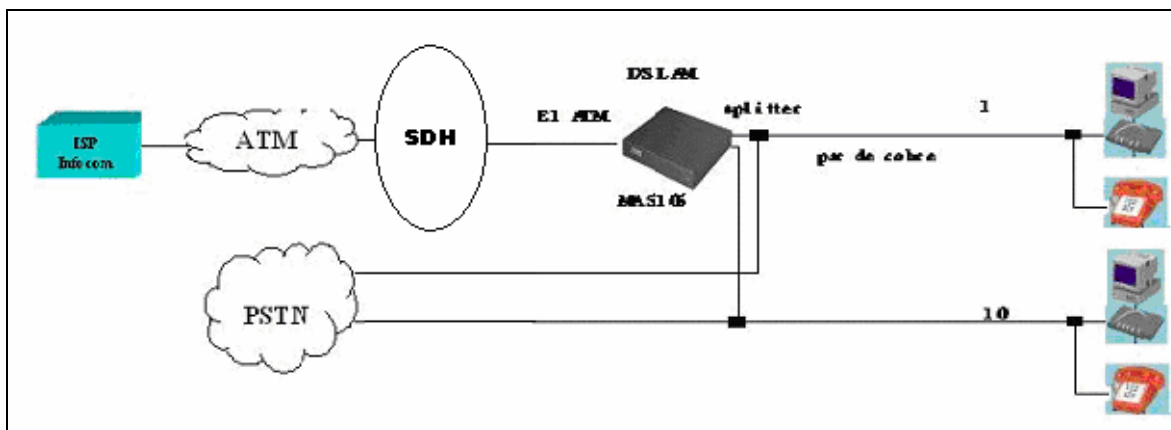


Ilustración 9 Modelo de referencia para las pruebas de campo de DSL [12]

En el extremo de usuario se instalaron 10 módems ADSL, que incluyen 4 modelos y 2 fabricantes diferentes. Se utiliza par de cobre calibre 26 hasta el extremo Central, donde se instalará un DSLAM MA-5105 conectado a la red ATM a través de un flujo E1 ATM mediante la red SDH. Un ISP proveerá los diferentes servicios a los clientes finales.

El escenario escogido para la prueba fue el local de la Unidad Remota de Abonado (URA) de Inmigración, ubicada en Calle 3ra y 22, Playa, donde se instalará el DSLAM MA 5105. Se dará servicio en el período de pruebas a 10 clientes ubicados en los alrededores a menos de 6 Km de la URA.

El DSLAM se conectará a la red SDH mediante un flujo E1 ATM (2,048 Mbps) que lo transportará hasta la Central de Buenavista, donde existe punto de presencia ATM, a través de una plataforma multiservicio Alcatel 7470. Posteriormente se hará un enrutamiento hacia el ISP de Infocom que suministrará el servicio a los clientes con el equipamiento bajo prueba.

La Ilustración 10 muestra una vista superior del equipamiento que se encuentra dentro del local de la URA de Inmigración y los detalles de la instalación. Las líneas discontinuas muestran el recorrido del alambrado interno a realizar. Se enumeran los puntos críticos denominados con letras, y se describen las conexiones a realizar.

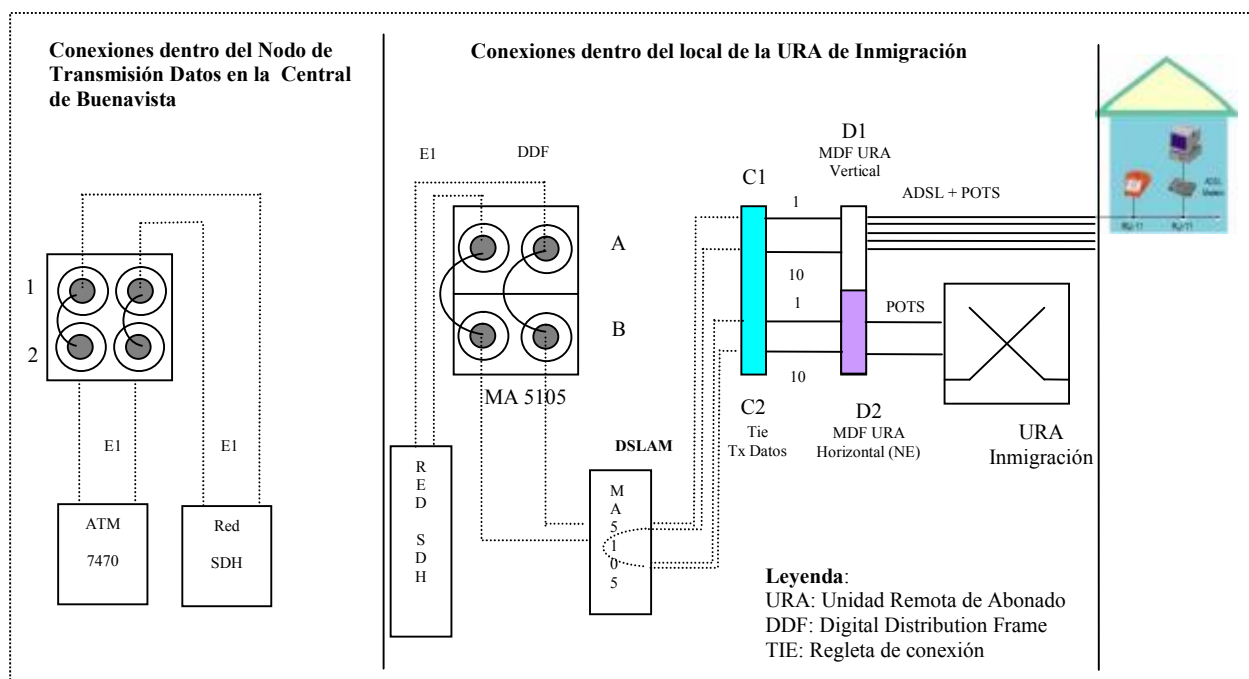


Ilustración 10 Detalles de la instalación del DSLAM [12]

Descripción: Los pares de cobre procedentes de la planta externa llegan al MDF Vertical (punto D1), de ahí se conectarán al DSLAM ubicado en el interior del bastidor CN4 a través del Tie de Tx Datos (punto C1).

El DSLAM tiene dos salidas, una hacia el Tie de Tx Datos (punto C2) que se conectará al MDF Horizontal para conectar los abonados POTS hacia la URA (punto D2) y otra hacia su representación en el DDF (punto B), que se conectará a la red SDH, mediante dos cables coaxiales, uno para transmisión y otro para recepción con el punto A, donde se encuentra la representación del flujo E1 (2,048 Mbps), que transitará a través de la red SDH hacia el Nodo de Transmisión de Datos ubicado en la Central de Buenavista, donde existe conectividad con la red ATM a través de una plataforma multiservicio ATM 7470.

El Proveedor de Servicios de Internet (ISP) Infocom suministrará los servicios a los clientes a través del establecimiento de PVC (Circuitos Virtuales Permanentes).

Las líneas discontinuas simbolizan conexiones internas del equipamiento (ATM 7470, DSLAM y Red SDH) con sus DDF respectivos.

Conexiones a realizar:

🌐 Dentro del local de la URA de Inmigración

A-B: Red SDH (E1) – DSLAM. Se utilizarán dos Cables coaxiales de 75 ohm, uno para transmisión y otro, para recepción, terminados en conectores BNC. Longitud entre A y B: 10 m.

C1-D1: Tie Tx Datos – MDF Vertical. Se utilizará jumper. Longitud: 3 m. Se alambrarán 10 pares ADLS + POTS.

C2-D2: Tie Tx Datos – MDF Horizontal (NE). Se utilizará jumper. Longitud: 3 m. Se alambrarán 10 pares POTS.

🌐 Dentro del Nodo de Transmisión de Datos de Buenavista

1 - 2: Red SDH (E1) – Conmutador ATM 7470. Se utilizarán dos Cables coaxiales de 75 ohm, uno para transmisión y otro, para recepción, terminados en conectores BNC. Longitud entre 1 y 2: 20 m.

Alimentación del DSLAM: Se utilizará un convertidor de 110v AC a -48v DC para simplificar conexiones del sistema de alimentación.

Soporte: El DSLAM 5105 se instalará en un bastidor de 19", en la parte interior del bastidor CN4 dentro del local de la URA

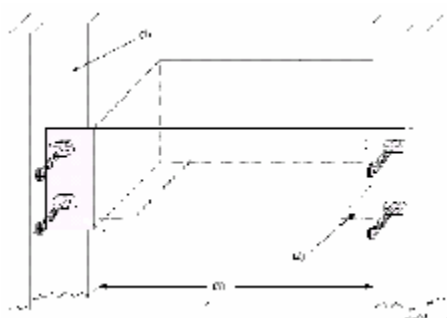


Ilustración 11 Detalles del montaje

1. Guías del rack
2. Raíl guía
3. Gabinete de 19 “.

Debe asegurarse suficiente circulación de aire alrededor del gabinete, no depositar objetos pesados encima de él y que quede debidamente anclado a tierra.

Mediante una conexión Telnet por el puerto de consola del DSLAM se asignará una dirección IP al mismo para ser gestionado remotamente. Se definirá el VCI y el VPI para cada uno de los servicios que debe entregar el proveedor de servicios.

Las pruebas se encuentran en esta fase. El comportamiento del equipamiento ha sido estable en el comienzo de las pruebas. No se disponen de resultados finales todavía (Febrero 2004).

3. Equipos de Videoconferencia Polycom.

Las soluciones de videoconferencia permiten aumentar la productividad, reducir los costos de viajes, compartir ideas, presentaciones y objetos de tercera dimensión remotamente, todo desde su escritorio. Polycom ha desarrollado una serie de productos para satisfacer las necesidades de capacidades en los salones de videoconferencia.



Ilustración 12 Equipos terminales de videoconferencia ofrecidos por Polycom

A continuación se describen las características más sobresalientes de esta familia, que están disponibles para la compra por el establecimiento de relaciones comerciales con este proveedor.

Vía Video

-  Video de alta calidad, pantalla completa. Hasta 512 kbps y 30 cuadros por segundo.
-  Interfaz similar a Windows. Compatible con Windows 98, ME y 2000.
-  Comunicaciones IP (H.323) a través de LAN, DSL y redes de cable.



Ilustración 13 Vía Vídeo

- + Sistema “Data Sharing” para compartir datos y realizar colaboración integrado.
- + IP optimizado con DiffServ y FEC.
- + Audio digital full duplex, con supresión de ruido y cancelación de eco.
- + Soporta múltiples monitores.
- + Se conecta a la PC mediante puerto USB y usa la conexión de red de la PC para realizar videoconferencias, o ser conectado al módem ADSL.

View Station 128. Sistema de alto desempeño apropiado para salas de reuniones de ejecutivos. ETECSA homologó este sistema y está instalado en varios Telepuntos del país. Compatible con los demás sistemas de videoconferencia existentes.



Ilustración 14 View Station 128

- + Tasas de 128 kbps (RDSI) ó 768 kbps (IP).
- + Video a 15 cuadros por segundo.
- + Servidor Web integrado que permite administrar el sistema remotamente, realizar diagnósticos y actualizaciones de software.
- + Funcionalidad de rastreo de voz y de tomas preestablecidas.
- + Audio digital full duplex, con supresión de ruido y cancelación de eco.
- + Hub LAN de 2 puertos.

iPower Executive Apropiado para grandes salones.

Ilustración 15
iPower Executive

- + Soporta tasas de hasta 768 kbps
- + Conectividad con RDSI, IP, WLAN y periféricos USB.
- + Video de alta calidad y sistema Siren 14 para audio con calidad de CD. Siren permite audio a 14 khz.
- + Permite hasta dos monitores NTSC/PAL con interfaz S-video permitiendo mostrar en cada uno los sitios local y remoto.
- + Tamaño de la imagen seleccionable.
- + Software libre actualizable para todos los productos iPower.
- + Permite grabación de la videoconferencia en CD ó DVD.



Ilustración 16 VSX 7000

VSX 7000.

- ✚ Actúa como puente de multiconferencia y permite conectar hasta 4 puntos efectuando llamadas en entrada o salida
- ✚ Interfaz IP y RDSI.
- ✚ Calidad de audio de CD. Soporta Siren 14.
- ✚ Bocinas integradas. Permite incorporar bafles.

VS 4000

Ilustración 17 VS 4000

- ✚ Tasas de hasta 2.048 Mbps tanto ISDN como IP
- ✚ Video de hasta 30 cuadros por segundo.
- ✚ Compatible con H.323 y H.320.
- ✚ Interfaces BRI, PRI, V.35 e IP.
- ✚ Capacidad multipunto. Conecta hasta 4 sitios a 384 kbps o 3 sitios a 512 kbps.

- ✚ Soporte de una segunda cámara PTZ.
- ✚ Permite múltiples cámaras y monitores.
- ✚ Servidor Web integrado.
- ✚ Funcionalidad de rastreo de voz y de tomas preestablecidas.
- ✚ Audio digital full duplex, con supresión de ruido y cancelación de eco.

Serie iPower 900. Representa la próxima generación de soluciones en colaboración, ofrece gran poder de procesamiento. Incorporan tecnología Pentium de Intel. Permite conducir presentaciones y navegar por la Web, compartir documentos, enviar emails y acceder a bases de datos corporativas

- ✚ Video de alta calidad (H.264) y audio Siren 14 (14 khz).
- ✚ Capacidad multipunto de hasta 12 sitios.
- ✚ Amplia gama de controles para el usuario (teclado inalámbrico y control remoto).
- ✚ Tecnología de enfoque y direccionamiento automático de la cámara.
- ✚ Acceso a la Web incluso cuando el sistema no se encuentre en Videoconferencia.
- ✚ Permite grabación digital de sesiones de videoconferencias.

4. Equipos xDSL.

En el mercado existe una gran variedad de productos y soluciones de diversos fabricantes. Sus funcionalidades se aproximan entre sí cada vez más. La diferencia es la aplicación específica a utilizar, y de ahí su precio. Se ha elegido una muestra de los DSLAM disponibles por su versatilidad y de módems de fabricantes conocidos con relaciones establecidas, para citar de los más utilizados sus características más sobresalientes, que pueden servir de referencia en la elección de una solución determinada.

Telindus	Alcatel	Huawei	Zyzel
111X ADSL Bridge	DSLAM 7300	DSLAM 5100	DSLAM IES 2000
112X ADSL Router	DSLAM 7301	DSLAM 5103	DSLAM IES 3000
112X ADSL Wireless router	DSLAM 7300 Compact	DSLAM 5105	
2401 ADSL			
1421 SHDSL Router			
1431 SHDL CPE			
2300 SHDSL			
2421 SHDSL			

A continuación se describirán las características más sobresalientes de los módems de Telindus que entran al mercado en el año 2004. [44]

111X ADSL Bridge:

- ✚ Módem ADSL compatible con G.DMT, G.Lite y T1.413.
- ✚ Funcionalidad de puente integrada.
- ✚ Interfaz USB y Ethernet
- ✚ Instalación plug and play, compatible con W98, ME, XP y W2000.
- ✚ Procedimientos de arranque y adaptación de velocidad automáticos para asegurar interoperabilidad.
- ✚ Actualizaciones del firmware mediante memoria flash.
- ✚ Interfaces de línea: Conector RJ11 135 ohm de impedancia
- ✚ Para G.DMT y T1.413: Downstream: 8 Mbps Upstream: 1 Mbps
- ✚ Para G.Lite: Downstream: 1.5 Mbps Upstream: 1 Mbps
- ✚ Interfaces de datos: Ethernet, Puerto USB.

- ✚ Soporta formato de celdas ATM según UIT. I.361.
- ✚ Soporta ATM Forum UNI 3.1/4.0 PVC.
- ✚ Soporta tráfico UBR y CBR.
- ✚ Soporta lazos para Operación y Mantenimiento de acuerdo a I.610.
- ✚ Modos de encapsulación:
 - AAL5, puente sobre ATM (RFC 1483), LLC o multiplexado.
 - PPPoATM (RFC 2364).
 - PPPoEthernet (RFC 2416).
- ✚ Filtrado automático de direcciones MAC fuente y destino.
- ✚ Autoaprendizaje de hasta 510 direcciones MAC.
- ✚ Gestión de la red basada en Web, Telnet, SNMP y permite actualización remota del firmware.
- ✚ Seguridad de la gestión de red basada en Web y en sesiones de Telnet.
- ✚ Voltajes: 110- 240 v 0.4 A. Salida: 13.5 Vac, 1 A.
- ✚ Disipación de potencia: 7 watts máximo.

112X ADSL Router:

- ✚ Módem ADSL compatible con G.DMT, G.Lite y T1.413.
- ✚ Funcionalidad de puente integrada y router integrada
- ✚ Soporta NAT
- ✚ Interfaz Ethernet directa.
- ✚ Instalación plug and play, compatible con W98, ME, XP y W2000.
- ✚ Procedimientos de arranque y adaptación de velocidad automáticos para asegurar interoperabilidad.
- ✚ Actualizaciones del firmware mediante memoria flash.
- ✚ Interfaces de línea: Conector RJ11 135 ohm de impedancia
- ✚ Para G.DMT y T1.413: Downstream: 8 Mbps Upstream: 1 Mbps
- ✚ Para G.Lite: Downstream: 1.5 Mbps Upstream: 1 Mbps
- ✚ Interfaces de datos: 1 Ethernet o 4 Ethernet en un switch integrado.
- ✚ Soporta IP secundarias.
- ✚ Soporta formato de celdas ATM según UIT. I.361.
- ✚ Soporta ATM Forum UNI 3.1/4.0 PVC.
- ✚ Soporta tráfico UBR y CBR.

- ✚ Soporta lazos para Operación y Mantenimiento de acuerdo a I.610.
- ✚ Modos de encapsulación:
 - AAL5, puente sobre ATM (RFC 1483), LLC ó VC multiplexado.
 - IP clásico (RFC 1577).
 - PPPoATM (RFC 2364).
 - PPPoEthernet (RFC 2416).
- ✚ Ruteo IP IRFC (791), ruteo estático: RIP (RFC 1058, 2453) sobre LAN o WAN.
- ✚ Servidor DHCP: Asigna automáticamente dirección IP, máscara de entrada, gateway y servicio DNS a las PC conectadas al módem
- ✚ Filtrado automático de direcciones MAC fuente y destino, tipo de protocolo y puerto TCP/IP.
- ✚ Para compartir el acceso a internet cuenta con servidor de hosting, soporta VPN, auto DNS y NAT (RFC 1631).
- ✚ Autenticación de usuario: PAP (RFC 1334), CHAP (RFC 1994) y MSCHAP.
- ✚ Control de contraseña para sesiones de mantenimiento remoto y para gestión a través de Telnet.
- ✚ Autoaprendizaje de hasta 510 direcciones MAC.
- ✚ Gestión de la red basada en Web, Telnet, SNMP y permite actualización remota del firmware.
- ✚ Seguridad de la gestión de red basada en Web y en sesiones de Telnet.
- ✚ Voltajes: 110- 240 v 0.4 A. Salida: 13.5 Vac, 1 A.
- ✚ Disipación de potencia: 7 watts máximo.

112X ADSL Wireless Router: Basado en el estándar 802.11b, permite la movilidad del usuario mientras mantiene la conexión LAN vía radio mientras se hace roaming dentro del campus o edificio con PC portátiles. Emplea tecnología de modulación de espectro expandido de secuencia directa DSSS inalámbrica. Tiene alta inmunidad a interferencias y ofrece opciones de velocidades de 11 Mbps, 5.5 Mbps, 2 Mbps y 1 Mbps. A 11 Mbps el router puede cubrir un rango máximo de 100 m en espacio abierto. Está provisto de protocolos de seguridad WEP (Wired Equivalent Privacy), con nueva tecnología de encriptación de datos.

- ✚ Soporta 802.11b (2.4 Ghz) Ethernet inalámbrico con velocidades de hasta 11 Mbps.
- ✚ Módem ADSL con router integrado.
- ✚ Soporta WEP (Wired Equivalent Privacy) con encriptación de hasta 128 bits y SSID
- ✚ G.DMT (G.992.1), G.Lite (G.992.2) y T1.413.
- ✚ Frecuencia de operación 2.412 – 2.462 Ghz (11 canales) y 2.412 – 2.472 (14 canales).
- ✚ Técnica de Modulación: Espectro expandido de secuencia directa DSSS
- ✚ Control de acceso al medio CSMA/CA con ACK.
- ✚ Cobertura hasta 100 m en espacios abiertos.
- ✚ Funcionalidad de puente integrada y router integrada
- ✚ Soporta NAT
- ✚ Interfaz Ethernet directa.
- ✚ Instalación plug and play, compatible con W98, ME, XP y W2000.
- ✚ Procedimientos de arranque y adaptación de velocidad automáticos para asegurar interoperabilidad.
- ✚ Actualizaciones del firmware mediante memoria flash.
- ✚ Interfaces de línea: Conector RJ11 135 ohm de impedancia
- ✚ Para G.DMT y T1.413: Downstream: 8 Mbps Upstream: 1 Mbps
- ✚ Para G.Lite: Downstream: 1.5 Mbps Upstream: 1 Mbps
- ✚ Interfaces de datos: 1 Ethernet o 4 Ethernet en un switch integrado.
- ✚ Soporta IP secundarias.
- ✚ Soporta formato de celdas ATM según UIT. I.361.
- ✚ Soporta ATM Forum UNI 3.1/4.0 PVC.
- ✚ Soporta tráficos UBR y CBR.
- ✚ Soporta hasta 8 PVC en AAL5
- ✚ Soporta lazos para Operación y Mantenimiento de acuerdo a I.610.
- ✚ Modos de encapsulación:
 - Múltiples protocolos sobre AAL5, encapsulación LLC ó VC multiplexado (RFC 1483, 2684).
 - IP clásico y ARP sobre ATM (RFC 1577).
 - PPPoAAL5 (RFC 2364).
 - PPPoEthernet (RFC 2416).

- ✚ Ruteo IP IRFC (791), ruteo estático: RIP (RFC 1058, 2453) sobre LAN o WAN.
- ✚ Servidor DHCP: Asigna automáticamente dirección IP, máscara de entrada, gateway y servicio DNS a las PC conectadas al módem
- ✚ Filtrado automático de direcciones MAC fuente y destino, tipo de protocolo y puerto TCP/IP.
- ✚ Para compartir el acceso a Internet cuenta con servidor de hosting, soporta VPN, auto DNS y NAT (RFC 1631).
- ✚ Autenticación de usuario: PAP (RFC 1334), CHAP (RFC 1994) y MSCHAP.
- ✚ Control de contraseña para sesiones de mantenimiento remoto y para gestión a través de Telnet.
- ✚ Autoaprendizaje de hasta 510 direcciones MAC.
- ✚ Gestión de la red basada en Web, Telnet, SNMP y permite actualización remota del firmware.
- ✚ Seguridad de la gestión de red basada en Web y en sesiones de Telnet.
- ✚ Voltajes: 110- 240 v 0.4 A. Salida: 13.5 Vac, 1 A.
- ✚ Disipación de potencia: 7 watts máximo.